

ŻYWNOŚĆ

Nauka
Technologia
Jakość

FOOD

Science
Technology
Quality



Kwartalnik
Nr 2
Kraków 2024

Nr 2 (139); Rok 31
ISSN 2451-0769
e-ISSN 2451-0777



ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – kwartalnik

Nr 2 (139)

Kraków 2024

Rok 31

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
MAŁGORZATA GUMIENNA, MAŁGORZATA LASIK-KURDYŚ, BARBARA GÓRNA: Rozwój rynku piw rzemieślniczych, mikroorganizmy, niekonwencjonalne dodatki i ich wpływ na produkt końcowy....	5
DOROTA GAŁKOWSKA, KAMILA KAPUŚNIAK, KAROLINA PYCIA, LESŁAW JUSZCZAK: Zanieczyszczenia żywności – charakterystyka i regulacje prawne. Część II	24
IRYNA SIMONOVA, BOHDAN TSIZH, ULIANA DRACHUK, BOHDAN HALUKH, IRYNA BASARAB, HALYNA KOVAL, ROSTYSLAV VOLOSHYN, LIUDMYLA PESHUK: Wykorzystanie nowych rodzajów marynat na bazie surowców owocowych w technologii półproduktów króliczych	46
EMILIA JANISZEWSKA-TURAK, NATALIA MUSIELIK: Wpływ stężenia NaCl w zalewie na strukturę i teksturę kiszzonego buraka żółtego.....	67
NADIIA I. SVYNOUS, NATALIJA O. HOLUB, IHOR V. DATSENKO, VALERII HR. SYTNYK, IRYNA M. KAPELISTA: Uwarunkowania zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego przez producentów grupy zbożowo-olejowej Ukrainy na rynku europejskim	88
JACEK GOLAŃSKI, BOGUSŁAWA LUZAK: znaczenie wybranych składników żywności pochodzenia roślinnego hamujących funkcje płytek krwi w profilaktyce pierwotnej chorób sercowo-naczyniowych	120
MAREK ZBOROWSKI, ANNA MIKULEC, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ, ANNA PLATTA, STANISŁAW KOWALSKI, ALEKSANDRA STAWIARSKA: Stan wiedzy na temat bezpieczeństwa i marnowania żywności wśród młodych konsumentów - część 2	141
AGNIESZKA JANKOWSKA, KATARZYNA KIEŁCZEWSKA, MARIA WACHOWSKA, DAMIAN MARCINIAK: Wpływ wysokiego ciśnienia na wybrane właściwości mleka koziego.....	158
LUZIANA HOXHA, MERGIM MESTANI, DEMOKRAT NUHA, PAJTIM BYTYÇI, BERAT DURMISHI: Zrównoważone zastosowanie produktów na bazie zbóż poprzez wykorzystanie odpadów owocowych	174
EWA KACZMARCZYK, JERZY ŁUKASIAK, KAROL SZCZUROWSKI, MAREK PRUSAKOWSKI: Otrzymywanie suplementów diety żelaza(II) i selenu(IV) poprzez ich biotransformację w <i>Arthrospira sp.</i>	199
TETIANA YAVORSKA, OKSANA KOSTYUK, MYKOŁA KOSTIUK, SERGIY TSVILIIY, VIKTORIIA OGLOBLINA: Determinanty neutralizowania wpływu ryzyk produkcyjnych przedsiębiorstw rolnych na konkurencyjność przemysłu przetwórczego.....	211
MARTA LISZKA-SKOCZYŁAS, WALTER HUNTER, TERESA WITCZAK, ŁUKASZ SKOCZYŁAS, MARIUSZ WITCZAK, GOHAR KHACHATRYAN, DOROTA GAŁKOWSKA: Wpływ metod ekstrakcji na oznaczanie zawartości polifenoli i działania przeciwutleniającego wzbogacanego proszku jajecznego.....	240
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	255
MARZENA TOMASZEWSKA: Podsumowanie VIII Sympozjum Naukowego z cyklu „Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności”	257
MARCELINA KARBOWIAK: Podsumowanie XIV Krokusowe Sympozjum Naukowego z cyklu „Probiotyki i Prebiotyki w Żywności”	260
MONIKA PRZEOR: XXVIII Sesja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ zawiątała w Gdańsku.....	262
Technolog Żywności	267

Zamieszczone artykuły są recenzowane

Czasopismo jest referowane przez: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef, EBSCO, Electronic Journal Library, JournoScope, ResearchGate



ŻYWNOSĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 2 (139)

Kraków 2024

Rok 31

Redaktor naczelny: prof. dr hab. Lesław Juszcak; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl; tel. 12 662-47-78

Zastępca redaktora naczelnego: prof. dr hab. inż. Mariusz Witczak

Sekretarz redakcji (kontakt z autorami): e-mail: redakcja@ptt.org

Redaktorzy tematyczni: prof. dr hab. Grażyna Jaworska (żywność pochodzenia roślinnego), prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska (mikrobiologia, bezpieczeństwo i higiena żywności), prof. dr hab. Krzysztof Krygier (technologia tłuszczów, żywność funkcjonalna), prof. dr hab. Irena Ozimek (zachowania konsumentów na rynku żywności), prof. dr hab. Edward Pospiech (nauka o mięsie), dr hab. Anna S. Tarczyńska (mleczarstwo, zarządzanie jakością)

Redaktor językowy (język polski): dr hab. Anna Piechnik, prof. UJ

Redaktor statystyczny: prof. dr hab. Mariusz Witczak

Stali współpracownicy: dr Grażyna Morkis (Kraków)

Rada Naukowa: prof. dr hab. Tadeusz Sikora (*przewodniczący*), prof. dr hab. Grażyna Bortnowska, prof. dr hab. Jacek Domagała, prof. dr hab. Jozef Golian (Słowacja), prof. dr hab. Anna Gramza-Michałowska, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr hab. Grażyna Jaworska, prof. dr hab. Henryk Jeleń, prof. dr hab. Mirosława Kačániová (Słowacja), prof. dr hab. Joanna Kawa-Rygielska, prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr hab. Elżbieta Klewicka, prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, prof. dr hab. Jolanta Król, prof. dr hab. Katarzyna Majewska, prof. dr hab. Stanisław Mleko, prof. dr hab. Mariusz Piskuła, prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, prof. dr hab. Dorota Żyżelewicz.

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994-1999 wydawcą czasopisma był Oddział Małopolski PTTŻ

© *Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2024*
Printed in Poland

e-ISSN 2451-0777

ISSN 2451-0769

Czasopismo w postaci elektronicznej jest wersją główną (pierwotną)

ADRES REDAKCJI: 30-149 KRAKÓW, ul. Balicka 122

Projekt okładki: Jolanta Czarnecka

Zdjęcie na okładce: mikelaptev-Fotolia.com

SKŁAD I DRUK:



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków

Tel. 608 024 572

e-mail: wn@akapit.krakow.pl; www.akapit.krakow.pl

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,


przekazujemy Państwu nr 2(139) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce z zakresu nauk o żywności i żywieniu.

Zapraszamy również do lektury tzw. stałych działów, w których zamieściliśmy m.in. informacje o wybranych konferencjach, w tym współorganizowanych przez Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, oraz zmianach w prawie żywnościowym.

Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej: <http://wydawnictwo.ptz.org> oraz strony Zarządu Głównego PTTŻ: <https://ptz.org/pl>

Kraków, czerwiec 2024 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszcak

Publikacja dofinansowana z projektu „Rozwój dobrych praktyk wydawniczych i edytorskich oraz digitalizacja publikacji naukowych wydawanych w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w latach 2021-2023” - zadanie finansowane w ramach umowy RCN/SN/0195/2021/1 ze środków Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój czasopism naukowych”.

MAŁGORZATA GUMIENNA, MAŁGORZATA LASIK-KURDYŚ,
BARBARA GÓRNA

THE DEVELOPMENT OF THE CRAFT BEER MARKET, MICROORGANISMS, UNCONVENTIONAL ADDITIVES AND THEIR IMPACT ON THE FINAL PRODUCT

S u m m a r y

Background. The modern brewing industry is currently undergoing enormous and rapid changes in many countries around the world. The growing number of craft breweries and microbreweries is a challenge for large beer companies due to the emergence of new beer styles and interesting additions that give the consumer a much wider choice than classic light lager. The aim of this publication is to present changes taking place in craft brewing in Central and Eastern Europe and further prospects for the development of this sector.

Results and conclusions. This review presents a literature study of key insights influencing the development of craft beer and the transformation of the brewing industry. The history of the global beer revolution and its significance for the development of the craft brewery market in Central and Eastern Europe were briefly presented. This paper also discussed the role of microorganisms and innovative additives used in the production of craft beer, influencing not only its taste, but also the increase in nutritional value and, consequently, greater market interest in this type of beer. Opportunities and prospects for further development of this type of beer, both in Poland and in Central and Eastern Europe, are promising. Craft breweries have made a real revolution on the beer market, influencing consumer preferences, contributing to the improvement of quality and the diversification of the offer on the beer market. When purchasing such a product, the consumer is more aware of the sustainable use of local raw materials in its production.

Key words: craft beer; brewer's yeast; lavender; propolis; polyphenols

Introduction

The craft beer revolution has changed the brewing industry for good. New styles of beer have emerged, with interesting accessories and colorful labels. The consumer now has much more to choose from than just classic light lager.

Dr hab. inż. prof. UPP M. Gumienna ORCID: 0000-0001-9893-6090; dr hab. M. Lasik-Kurdyś ORCID: 0000-0003-2170-8932; mgr inż. B. Górna, Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań. Kontakt e-mail: malgorzata.gumienna@up.poznan.pl

As consumers' expectations have grown, so has their awareness, raising standards for traditional industrial microbreweries [81, 83]. These microbreweries, in turn, are responding to the needs of the market, creating corporate beers in the styles associated with the craft beer revolution [81]. However, often these do not gain the acceptance of the craft beer community, whose members are often distrustful of larger breweries. Microbreweries are thought to publish materials that can mislead the consumer. The Polish Association of Craft Breweries has protested against the use of the term "craft" on marketing materials for beer brewed by large breweries with extensive technological facilities, having little in common with craftsmanship [62].

Craft brewing is considered a passing fad by some, while for others it represents a lifestyle. One thing is certain: changes taking place in brewing are irreversible. Along with the craft beer revolution, interest in home brewing, specialty malts, rare yeast strains and new hop varieties has increased [19, 64]. There are increasing numbers of craft beer pubs with large rotating tap lists, specialist stores offering beer from around the world, beer blogs and websites where users can rate beers, such as Untappd, which has eight million users [19, 41, 62, 64, 72].

The craft beer revolution began in the US, where consumers bored with light lager began to demand more interesting aroma and flavor notes [39]. An important event took place on 14 October 1978, when the then-president Jimmy Carter signed a law making home brewing legal [24]. According to the Beer Judge Certification Program (BJCP), 126 beer styles can be distinguished today [6].

The US Brewers Association describes craft breweries as small, independent producers that use traditional methods. They brew less than six million US barrels per year, are less than 25 % owned by non-craft brewers, and most beers are made with 100 % malt [57]. Craft beer sometimes costs several times more than industrial beer, but has an unparalleled taste that is hard to compare with beers brewed by larger breweries [82, 83].

In recent years, there has been a notable decline in the sales of industrial beer, while craft beer shows the opposite [73]. Overall beer consumption, including from craft breweries, in the largest countries in the world is: China recording the highest consumption of 489.9 million hectoliters each year, followed by the United States (241.7 million hectoliters), Brazil (131.5 million hectoliters), Russia (100,1 million hectoliters) and Germany (84.4 million hectoliters) [10, 24].

This article presents a literature study on key insights influencing the development of craft beer and the transformation of the brewing industry in Central and Eastern Europe over the last two decades. The aim of this publication is to present the changes taking place in craft brewing in Central and Eastern Europe and further prospects for the development of this sector.

The Development of the craft beer market in Central and Eastern Europe

The brewing industry in Europe has undergone significant changes in the last twenty years [49]. These changes particularly affect the Eastern European market, where the rolling revolution has led to the loosening of barriers to international companies entering into certain beer markets. As a result of the progressive consolidation of breweries, the number of active breweries in the world has decreased [12, 49].

Modern beer production in the world is under the control of several large brewing groups: Anheuser-Busch InBev (AB InBev, Leuven, Belgium), including SAB Miller (London, UK), Heineken (Amsterdam, the Netherlands) and Carlsberg (Copenhagen, Denmark), Asahi Group Holding (Japan) [39, 10]. Additionally, the Asahi group has significantly influenced the group's beer production market in Eastern Europe. The concern took over from SABMiller in five countries of Eastern Europe the breweries of, among others, Kompany Piwowarska (beers: Tyskie, Zubr and Lech), Czech Pilsner Urquell, Slovak Topvar, Ursus in Romania and Hungarian Dreher [10, 39, 83].

The success of craft beers is influenced by the homogeneity of beers offered by large production concerns. On the other hand, there is a trend towards setting up craft breweries as a response to mass production [10].

In the case of craft beers, the possibility of choosing different varieties of hops, local grain, unconventional starchy ingredients, the addition of local fruit, herbs, spices and vegetables to brew a unique taste and aroma is not without significance for brewing beer [20, 49]. In addition, a recognizable trademark of craft breweries is the production of small batches of beer, which allows for experimenting with ingredients much easier than in the case of industrial production. Production in craft breweries, for example in Slovakia and Poland, is up to 200,000 hl/year, in the Czech Republic 10,000 hl/year, while in the USA 23,848 hl/year [49, 61]. The term craft brewery in the USA means production up to 9,539,200 hl/year, while in the Czech Republic, the terms craft brewery and microbrewery do not differ, it is always a brewery with a production capacity of up to 10,000 hl/year, in which beer is brewed to traditional recipes, unfiltered and unpasteurized [10].

Another change that has influenced the brewing industry is the relocation of beer consumption outside Europe [2, 10]. Beer consumption in Europe is stagnating or even decreasing [10, 49]. The overall consumption in the EU countries amounted to 359 million hectoliters in 2016, of which consumption in the Czech Republic accounted for 15.1 million hectoliters, or 4 % of the total consumption in the EU [10, 49]. The Czech Republic thus has the highest beer consumption per capita in Europe - 144 l, followed by Germany - 107 l, Austria - 104 l, Poland - 93 l, Lithuania - 95 l and Slovakia 73 l [10]. Handicrafts accounts for 3 % ÷ 5 % of total beer consumption in Western Europe and the USA, while in Eastern Europe it is only about 1 %, and in the Czech Republic alone it is estimated to be around 2.5 % [10, 24, 49, 83]. All of the above changes lead

to an increase in the number of craft breweries not only in Central and Eastern Europe, but also around the world.

Consumer type and the craft beer market

The low-alcoholic beverage segment is mostly targeted at young consumers aged 18 ÷ 25. Young people are not loyal to brands, which leads to discussions about the effectiveness of large companies' advertising. According to 43 % of young Americans, craft beer tastes better than industrial beer [24, 33], and the craft beer industry is developing thanks to such attitudes. As a result, they pay attention to the price of products they buy [33, 51].

Craft beer is seen by young people as a more sustainable product [33, 51]. To support a history of sustainability, craft beer fans are increasingly looking for basic information about beer, such as its ingredients or history [13, 83]. Moreover, not only young consumers aged 18 ÷ 25 are starting to see the link between local ingredients and sustainability [51]. They make choices based on health considerations, in addition to the ingredients of beer, they also focus on the method of making the drinks. The report [51] revealed that 54 % of consumers buy beer based on advertising about ingredients, and 39 % pay for beer with local ingredients. This is a huge opportunity for breweries, and many of them are responding to these needs with more sustainable processes that help make more planet-friendly brewing practices and norms, and usher in a new wave of more sustainable flavored beers that consumers crave [13, 74].

A survey by the DSM Global Insights Series [74] of 3,300 craft beer drinkers in seven European and American countries, most of whom (80 %) said they did not believe craft beer was just a passing fad. Craft beer drinkers love the wide range of beers on offer, with 75 % saying the taste of this beer is above all else. It is them who decide about the purchase. Looking ahead, half (50 %) of the consumers surveyed say they think craft beer is more sustainable and a sustainable product more attractive - a trend that will only grow in the coming years [74].

Established artisan breweries thus have a role to play in meeting consumers' growing demand for high-quality, innovative drinks that align with their responsibility to contribute to a better, more sustainable world. This will be essential to capturing the next generation of consumers, as well as future generations [13, 74].

The Polish craft beer revolution

Poland ranks third among the countries of Central and Eastern Europe in terms of beer production. In 2018, Polish breweries brewed 39.9 million hectoliters of beer. About 70 % of the Polish market is held by Asahi group and Heineken, with the Carlsberg group coming third [49, 83]. The culture of beer drinking in Poland dates back to the beginning of the tenth century, and today beer is one of the most popular bevera-

ges, next to water and tea [62, 81, 82], as a result of this consumers have become more demanding [62]. These rising expectations have created a place in the market for breweries producing craft beer. According to the Polish Association of Craft Breweries, craft beer makes up about $0.4 \div 0.5$ % of the market [62, 63, 83]. During the Polish People's Republic period (1947 \div 1989), beer was pushed to the sidelines and was identified with people from lower social classes, being drunk occasionally when taste and quality were not a concern [49, 82]. By 2005, craft breweries had begun to appear in Poland, initiating the fashion for beers produced without pasteurization [82]. However, this was not enough for more demanding consumers. People started going back to old folk recipes for beer styles that had been long brewed in Poland, as well as to recipes for beer from other parts of the world [63, 82]. There was a breakthrough in 2010 when the brewery in Grodzisk Wielkopolski, after an interruption of over a hundred years, began again to produce Wielkopolska beer, which was traditionally made in Poland from the eleventh century [81, 83]. Almost a year later, on 28 March 2011, the brewery Pinta launched the beer Atak Chmielu; this date is considered the birth of the Polish craft beer revolution [82, 83]. This gave rise to a craft beer revolution, with a sudden increase in the number of small breweries, including brewpubs and business contracting production plants to produce beer ("contract breweries") [62, 72, 82]. Craft breweries specialize in new wave beers, which tend to be ales, in the broad sense of using top fermenting yeast; this distinguishes them from the production of lagers using bottom-fermenting strains, typical of large companies.

There are also websites and beer blogs on social media [41]. In Poland, the most popular beer blogger is Tomasz Kopyra, whose YouTube channel has over 120,000 subscribers. The beer festivals in Poznan, Krakow and elsewhere have also served to popularize of craft beer [41].

Diversity decisively distinguishes craft brewing from large-scale brewing, with about 1,600 new beers appearing in Poland each year [73]. Consumers seem to be bored with the pale "eurolager" style. Industrial beer is positioned through promotion alone, with differentiation usually occurring only in the marketing, and not in the product. On the other hand, innovations are much more common in craft breweries, which primarily focus on ideas, and are thus able to take a risk in terms of their products [73, 82].

Innovative additions used in the production of craft beer

The assortment variety of craft beers depends on the additives used during production. These additives make it possible to obtain beer with a wide flavor and aroma profile, attractive to the consumer [15].

An example of an interesting additions used in the production of some craft beers is ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) [77], a herbaceous plant belonging to the *Zingi-*

beraceae family, which is commonly grown in tropical and subtropical regions [76, 77]. The rhizome is the most important part of the plant, often used to improve the taste and aroma of food and for pharmaceutical purposes, due to its high content of bioactive compounds [48, 76]. The distinct aroma of ginger is due to the presence of volatile compounds, such as camphene, geranyl acetate, borneol, geraniol, limonene and terpenes. Nonvolatile molecules are responsible for a sharp, hot sensation in the mouth [32]. This is the main reason for interest in ginger in the food industry, as a raw material for the production of alcoholic beverages, carbonated beverages, soft drinks, bakery products, spices and preserves [48, 77]. Ginger is an example of a spice that was quite popular, even before the craft beer revolution began [77]. It is used both by smaller breweries, which are known for creating new recipes and continuous experimentation, but also by larger brewing concerns. Beer with larger amounts of this spice may have a warming effect, as well as antibacterial and antifungal properties [69]. Ginger also has an anticancer effect [52], which has been confirmed in the prevention and treatment of prostate cancer [84] and breast cancer [86].

Another example is lavender, an interesting herb that brings health properties to beer [44]. Lavender (*Lavandula angustifolia*) is a herb grown in North Africa and Mediterranean mountains, partly for its essential oil, which comes from the distillation of certain lavender inflorescences [34, 80]. It is primarily used in medicine to treat anxiety and fungal infections, and also has applications in dermatology and in the treatment of wounds. Some varieties of lavender have been used as additions to baked goods and dishes [34]. This herb stimulates urine production and improves digestion, reduces emotional stress and anxiety, heals burns and wounds, has a positive effect on sleep and reduces acne [27, 45].

English lavender is the most commonly used variety. It is grown around the world and fragrant oils of its flowers are used in candles, cosmetics, detergents, massage oils, perfumes, powders, shampoos, soaps and tea [45, 80]. Other lavender species include *Lavandula burnamii*, *L. dhofarensis*, *L. latifoliate*, and *L. stoechas* [80]. The lavender herb contains over a hundred ingredients, including linalool, perillyl alcohol, linalyl acetate, camphor, limonene, tannins, triterpenes, cineole and flavonoids [45, 80]. Lavender herb also has cytotoxic properties [26]. It has been shown that caffeic acid, a component of lavender, has an antioxidant effect [6, 70, 80].

As an addition to beer, it can be used in farmhouse styles based on folk brewing recipes [44]. Lavender has an intense floral flavor with a hint of bitterness. The lavender aroma is spicy and slightly floral with shades of mint and lemon, therefore it gives the beer a unique flavor [44]. Lavender can be used as a substitute for hops in so-called gruit beer.

Next interesting addition in the production of beer is bee propolis, a natural product that has great potential as a functional food addition, due to its range of bioactive

compounds with many functional properties (including antioxidant, antibacterial, anti-tumor, antifungal, anti-inflammatory, antiviral and anticancer) [19, 78]. Propolis is a sticky and resinous natural product collected by bees (*Apis mellifera*) from harvested plant exudates, leaves and buds; these are mixed with pollen, wax and the salivary enzyme β -glucosidase [79]. The chemical composition of propolis varies with season, geographic origin, botanical origin and a collection mechanism. Over 300 compounds, such as phenolic acids, esters, flavonoids (flavones, flavanones, flavanols, dihydroflavonols, and chalcone), terpenes, amino acids, caffeic acid, phenyl esters, aromatic aldehydes and alcohols, fatty acids, stilbenes and steroids have been identified in propolis. The variability of propolis composition hampers its functional application and quality control [4]. Overall, propolis consists of 50 % resin and vegetable balm, 30 % wax, 10 % essential and aromatic oils, and 5 % pollen and various other substances, including organic residues [4].

Juniper is an equally interesting additive used in beers. In the Finnish Shahti beers, it is used as a substitute for hops. Juniper is a plant with fungicidal properties but, like hops, is a diuretic [75]. Some other spices and herbs used in the production of beers include garlic, milk thistle, pumpkin, pepper, salt, coriander, Mediterranean herbs and chili [36]. Herbs and spices are also used in some styles of beer [75]. Spices such as allspice, anise, cardamom, cumin, cinnamon, cloves, coriander, gingerbread, blueberries and vanilla beans, as well as herbs like heather and mint, can be used to enhance the flavor of infusions [75, 36]. For example, Belgian Witbier uses coriander, and certain traditional English beers are made with honey and spices – with pepper [3, 17, 38, 43, 75].

Fruit and vegetables are also a valuable addition to craft beers. Fruit (as whole or in the form of juice) is among the most studied supplements and is already present in many commercial products [17, 54]. For example, in Poland Cornelian cherry (cv. Podolski) is a popular addition to beer brewing. They cause an increase in the content of polyphenols in beer and their antioxidant activity. They give beer a sour taste [1, 42]. On the other hand, in Croatia, the Chestnut beer additive used increases the alcohol content in the product and deepens its color. Whereas, eggplant (cv. Classic) peel extract is a vegetable used to brew beer in Romania [35]. Its addition has the effect of increasing antioxidant activity, phenolics and flavonoids content, and obtaining reddish color due to the release of anthocyanins [35]. The region of Central and Eastern Europe, however, despite the developing sector of the production of craft beers, is relatively little known in terms of specific additives. There is no extensive literature data on this subject.

More than yeast

Human activity resulted in the domestication of *Saccharomyces cerevisiae* yeast, specifically adapted for beer production [29]. The use of different yeast strains contributes to obtaining insights into beer products with diverse sensory characteristics [23]. The choice of wort fermenting yeast strains and beer conditioning is crucial, as the abundance of many aroma-active compounds in beer is directly linked to the yeast strain applied [7, 60]. Every brewing yeast produces relevant aroma components, i.e. higher alcohols and esters. The levels of each of these compounds found in beer depend not only on the fermentation conditions but also on the yeast strain [75]. The item of the use of specific yeast types is to increase fermentation efficiency, to develop new beer characteristics, and especially to enhance the sensory complexity of the final beer produced [5]. Depending on the style of beer, temperature and flocculation ability, yeast is divided into two main groups [17].

The first group includes those belonging to the spec *S. cerevisiae*, which are suitable for top-fermented beers, where the process takes place at higher temperatures ($16 \div 22$ °C), have flocculation properties or may show the ability to aggregate at the top of the vessel after the end of fermentation. In the second group, there are natural hybrids, known as *Saccharomyces pastorianus* (syn. *S. carlsbergensis*), suitable for the lager style; they ferment at lower temperatures ($6 \div 16$ °C) and settle at the bottom of the vessel at the end of fermentation [17, 58]. These two styles also require different maturation periods: lager beers undergo a long, low-temperature maturation period (aging), while but beers mature more quickly [17, 58].

Recently, it has been shown that present-day industrial beer yeast has originated from a handful of domesticated ancestors. The genetic analysis performed showed that most strains of *S. cerevisiae* used in the production of ale-type beers was genetically distinct from the wild strains and mainly grouped into two independent lines, called Beer 1 (which consists of three separate strains from Belgium/Germany, Great Britain and the United States) and Beer 2 (which contains yeast from Belgium, Great Britain, the United States, Germany and Eastern Europe) [29, 37].

S. pastorianus are descendants of natural hybrids between the mesophilic species *S. cerevisiae* and the cryotolerant parent of *Saccharomyces non-cerevisiae* [37]. The origin of these lager-brewing hybrids has been a subject of dispute for decades [65]. Some studies have confirmed an association between parental strains other than *S. cerevisiae* and genetically complex species of *S. bayanus* [37, 65], a heterogeneous group of cold-resistant strains, including *S. bayanus* and *Saccharomyces uvarum*. In 2011, Libkind et al. [46] for the first time described the cryotolerant species *S. eubayanus*, the genome which matched the subgenome of lager strains. The reconstruction of hybrid lager genomes showed that *S. pastorianus* was formed around 500–600 years

ago as a result of the hybridization of various strains influenced by socio-cultural changes taking place in the Middle Ages in Central Europe [37].

The most important change in the evolution of bottom-fermenting yeast was made in 1516 in Bavaria with the introduction of the Reinheitsgebot Edict, the Beer Purity Act, which mandated the production of beer during the winter months (September 29 to April 23) [29]. This ensured greater stability and less bacterial contamination of brewed beers. At the same time in the Czech Republic, brewers tried to store beer in cool mountain caves to improve the taste of beer [36]. The necessity to conduct fermentation at a lower temperature favored interspecies hybrids of *S. cerevisiae* × *S. eubayanus* over parent populations. It was believed that *S. eubayanus* was initially a wild contaminant in the brewing process with a selective advantage over native yeast but growing better at lower temperatures [37]. However, strains of *S. eubayanus* have so far only been isolated in the wild, but not in the brewing community, and have never been found in Europe. Further genetic studies showed that *S. pastorianus* strains are divided into two distinct lines corresponding to the geographical distribution of the breweries: Saaz lager yeast (hybrid group I or *S. carlsbergensis*), Froberg type lager yeast (hybrid group II) [37].

An example of a European region where traditional yeast cultures are still being used is western Norway, where a number of farmhouse brewers have maintained the traditional yeast types of this region, some reportedly for hundreds of years [16, 64]. Norwegian farmhouse ale is produced predominantly from malted barley and is typically hopped, and also infused with juniper branches [60, 64]. Until recently, the yeast cultures, referred to as kveik, a dialect term for yeast in this region, were geographically isolated and maintained only locally by traditional farmhouse brewers [17, 64]. It is hypothesized that kveik yeast is domesticated, as beers produced using this type of yeast are reported to be free of phenolic off-flavors (POF) and this yeast is potentially capable of rapidly fermenting malt-derived sugars due to the reported short fermentation times where the temperature range of the process is 25 ÷ 40 °C with an optimal range of 35 ÷ 40 °C [64].

Thus, the fermentation process plays a key role in the production of aromatic alternative ingredients, as yeast metabolism strongly influences not only the alcohol yield from maltose and maltotriose, but also the flavor and aroma of the brewed beer [22, 47]. Pyruvate produced in the yeast glycolysis process provides carbon for the synthesis of amino acids that are involved in the production of diketones and several aromatic compounds, such as sulfur-containing compounds, esters and higher alcohols [22]. Additionally, yeast can modify phenolic compounds present in wort, releasing volatile organic compounds. Therefore, the fermentation process offers a wide range of possibilities for the diversification of beer during the brewing process [37]. Thus, there is a growing demand for innovative starter cultures for beer brewing, cultures that can

give "character" and "content" to end products. The definition of microbial terroir, well known in wine production, only becomes important in the production of craft beers [17]. In brewing, microbial terroir may be associated with the use of native microbes, isolated from traditional beer ingredients, but also with strains isolated from other indigenous biological resources. In fact, various research trends have focused on improving the microbial biodiversity useful for beer production, including investigating the brewing potential of different groups of microorganisms, such as *Saccharomyces* strains isolated from other fermented food and beverage hybrids of the *Saccharomyces* genus and non-*Saccharomyces* species [14, 17, 37].

An example of the use of various unconventional yeast types in the process of producing craft beers is the research of Mulero-Cerezo et al. [53] where the probiotic *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* was used as a single yeast starter. The research produced beer with higher antioxidant activity, lower alcohol content, similar sensory properties and higher yeast survival after 45 days than beer obtained with the use of the commercial *S. cerevisiae* strain, commonly used in the brewing industry [53]. Another example of non-*Saccharomyces* species that was tested in the production of craft beer in Slovakia was the *Lachancea thermotolerans* MN477031 strain isolated from grape must. The brewed beer was characterized by a low production of lactic acid [17, 85].

Therefore, screening existing microbial collections to assess the extent to which they are reservoirs of potential brewing microbes is an emerging field that may improve the relationship of craft beer to specific geographic origins [17, 37]. In addition, the development of complex microbial starters, consisting of different strains of microbes in fermentation, may be one of the main challenges in beer research aimed at regionalization and market segmentation [8, 17, 37].

Until now, commercial yeast strains with well-known fermentation abilities have been used in the production of craft beers in Central and Eastern Europe. However, these strains are not fully related to the region where beer is produced.

Methods of preserving craft beer

For beer to be microbiologically safe, it must be properly preserved [18]. There are several methods of preventing beer spoilage during storage, so that the entire range of its flavor and health benefits can be appreciated by the consumer [11]. It should be mentioned, however, that the properties of beer prevent the development of pathogenic microorganisms. These include low pH (4.3 ÷ 4.6), the presence of alcohol, the lack of oxygen, the presence of aseptic bittering substances derived from hops, and the low nutrient levels. However, microorganisms adapted to these conditions have developed, and can be harmful to beer. Such microorganisms can multiply and excrete their metabolic by-products into the beer, hence it is important to keep microbiological stability

in mind throughout the beer production process. First, the brewing equipment must be kept hygienic with proper disinfection and washing, and appropriate air and water treatment is needed (e.g. with chlorine dioxide). Microorganisms that can be harmful to beer include *Lactobacillus*, *Pediococcus* and *Micrococcus* [11].

The development of brewing procedures introduced filtration and colloidal stabilization as key elements in beer preservation and stability [56, 59]. The colloidal stability of beer is the most important factor in beer quality. Colloidal particles significantly shorten beer's storage time, but most importantly, also influence its appearance. Colloidal stabilization involves one or more procedures that are applied at different stages during production and result in colloidal stability of the final product [59]. Beer is considered to be colloidally stable if it can be stored for several months at 25 °C without exhibiting any changes in composition or other properties; specifically, beer has to be able to remain clear without any signs of precipitation. Since colloidal stability is of primary importance for the consumer, retail requirements have resulted in many solutions for this issue. Stabilization agents have to be reliable during the filtration and stabilization processes [59].

Beer preservation methods include the use of PVPP polymer, filtration, antioxidants, pasteurization and microfiltration. The use of cross-linked PVPP polymer can improve the clarity of beer – its colloidal stability. Reactions between polyphenols and proteins in beer lead to the deterioration of beer stability. Too many of these compounds cause haze that can be seen with the naked eye, which in turn reduces the shelf life of beer. Thus, limiting the presence of one or both groups of compounds through the use of stabilization will extend the beer's physicochemical stability. This can be achieved by using polyvinylpyrrolidone [3, 59].

Another method of fixation is filtration, the purpose of which is to separate suspended solids that contribute to the formation of turbidity and opalescence, and to impart proper clarity. As a result of filtration, the number of yeast cells is reduced to 5 cells per 100 ml, the clarity will be less than 0.5 EBC, though there is usually some slight oxygenation (less than 0.02 mg/L) [21]. Filtration techniques can be divided into surface and depth filtration techniques [28]. The second approach, also referred to as spreading, is used by most breweries in Poland and around the world. Depth filtration uses auxiliary agents, such as perlite or diatomaceous earth. Candle filters are the most popular devices used in the filtration process; these devices guarantee the high microbiological stability of beer and are simple to operate and easy to clean. These advantages, when coupled with electronic process control and almost perfect filter design, facilitate the complete optimization of the filtration process [28, 84].

In deep microfiltration (with particles smaller than 1 micrometer, to filter out yeast and bacteria), the commonly used material is a membrane. The “cross-flow” technique makes it possible to obtain beer from post-fermentation yeast. After fermenta-

tion, yeast is removed from fermentation tanks. Beer, which is 50 % of this yeast volume, can be recycled in the production process, significantly reducing beer losses. Ceramic membranes are inferior to polymer membranes, as their production cost is high, and they have low resistance to thermal shock. On the other hand, regularly washing them in the appropriate manner ensures long-term failure-free operation; they are characterized by high endurance [68, 71].

The addition of antioxidants, for example fruit [30, 35], vegetables [54] such as vitamin C, phenolic acids, carotenoids and anthocyanins and sodium sulfite [31], also serves to extend the shelf life of the finished product [3, 35, 54]. Antioxidants have a different mode of action to preservatives, which work by stopping the growth of microorganisms. Antioxidants instead inhibit the rate of oxidation, which prevents the decomposition of free radicals into volatile products and the inactivation of enzymes [3, 30, 76].

The excessive use of advertising slogans promoting allegedly unpasteurized beer claims can falsely suggest to consumers that pasteurization of beer is an unnecessary process to preserve durability of beer. This claim is also used by large brewers as a marketing gimmick in the continuing trend for less-processed and fresh produce [21, 71]. Pasteurization involves heating beer to less than 100 °C, most often to a temperature in the range of 65 ÷ 85 °C for long-term pasteurization. Its aim is to destroy the vegetative forms of microorganisms. Pasteurization inactivates enzymes and reduces the number of residual microflora [21, 71].

Classic beer is considered to be a drink with high microbiological stability due to technological procedures used (pasteurization) and care for the hygiene of a brewery [40, 67]. However, the risk of microbiological contamination of craft beers has increased primarily for unpasteurized, instant pasteurized, cold sterilized, low alcohol or non-alcoholic beers. Oxygen-reduced beers are also a problem. Moreover, the use of innovative beer ingredients such as fruit and vegetables is an additional cause of microbial contamination. The spoilage microorganisms are a big challenge for the production of this type of beer. *Pectinatus spp.* and *Megasphaera spp.* are gram-negative, anaerobic bacteria found mainly in beers where the environment has been modified (reduced oxygen content, low alcohol beers) [55, 66, 67]. They cause spoilage of packaged beer, and the visible turbidity of the beer is accompanied by a taste reminiscent of rotten eggs [55, 40, 66, 67].

Difficulties for craft breweries

Craft breweries face a number of difficulties that result from the high production costs of their product, and the high price of the finished beer [63]. This is craft beer's greatest obstacle in reaching a wider audience, with a large part of society considering craft beer a luxury product. Craft breweries also struggle in keeping the quality of their

beer constant, given that they are operating with less automation, usually lacking a laboratory and professional bottling equipment, and face a greater risk of human error. Another obstacle is the shortage of specialized raw materials, including imported hops. Additionally, building a production brewery is costly [18, 41, 63].

Growing awareness of climate change is another problem, leading to the need for brewers to invest in the emerging needs of the environment [13, 50, 63, 74]. At the Congress of Brewing Industry Employees, issues such as a returnable bottle, ecological packaging, low alcohol beer, and the stability of the regulatory environment were raised [9]. The last of these concerns an increase in the costs of water, energy, raw materials, and labor, as well as increases in excise; these, in turn, will be associated with an increase in beer prices and consumer dissatisfaction. The process of returning used bottles also needs to change in Poland, as it currently requires the consumer to keep the purchase receipt for beer. The withdrawal of this requirement could lead to an increase in the number of glass bottles that are returned for recycling [9, 13, 82, 83].

Prospects

Poland is the third largest producer of beer in Europe, with about 320 breweries in the country [49, 83]. There is a similar number in the Czech Republic, but while Poland has a population of 37.48 million, the Czech Republic has only 10.65 million [10, 49, 83]. A total of 1,408 breweries operate in Germany, for a population of about 82 million [9, 10, 33, 83]. In the wine countries of Italy and France, the number of breweries is 1,000 and 1,600 respectively [83]. Beer produced in Poland comes mainly from the largest breweries. Given the number of breweries in other European countries, there is likely room for more in Poland; the number of these can thus be expected to increase, considering the potential of the craft brewing segment [73, 74, 83].

The growing interest in beer produced by craft methods may also result from the growing demand for environmentally friendly, with “clean” labels and made to small-scale recipes [85]. Today’s consumers more often buy local food and show a desire to support the development of the Polish economy [63]. This trend will probably continue [81, 83, 85].

The preferences of where to drink beer are also changing - young people prefer fresh air, and for them beer is not only a taste and aroma, but also an excuse to meet and have fun together, at a concert or by the pool [51]. On the other hand, the younger generation drinks much less than the older consumers in the privacy of their homes. Perhaps that is why another revolution awaits us soon - a great return of beer stalls in the new version, in places of rest for city youth on warm days.

Craft breweries and their consumers have revolutionized the world beer markets in the last two decades [86]. Both the production and consumption of craft beer in Europe continues to grow, and the number of active microbreweries has already exceeded

7,500. These breweries supply traditional and innovative craft beers throughout the region. The analysis carried out by Goldstein Market Intelligence forecasts that the European craft beer market will grow by a CAGR (Compound Annual Growth Rate) of 9.1 % in the period of 2017 ÷ 2030, which will be influenced by the future generation of consumers [25].

Conclusions

The development of craft breweries has brought many benefits to the beer market itself, and they continue to grow in popularity, both at home and abroad. The number of small beer producers is constantly growing, and consumers value the diversity, quality and local nature of these products. Their impact on the brewing industry is enormous and the development prospects are promising. Thanks to their attention to quality and authenticity, craft breweries are gaining more and more consumers.

References

- [1] Adamenko K., Kawa-Rygielska J., Kucharska A.Z.: Characteristics of Cornelian Cherry Sour Non-Alcoholic Beers Brewed with the Special Yeast *Saccharomyces ludwigii*. Food Chem., 2020, 312, #125968
- [2] Aquilani B., Laureti, T., Poponi S., Secondi L.: Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. Food Qual. Prefer., 2015, 41, 214-224.
- [3] Aron P.M., Shellhammer T.H.: A discussion of polyphenols in beer physical and flavour stability. J. Inst. Brew., 2010, 116, 4, 369-380.
- [4] Bankova V., Popova M., Trusheva, B.: New emerging fields of application of propolis. Macedonian J. Chem. Chem. En., 2016, 35, 1, 1-11.
- [5] Basso R.F., Alcarde A.R., Portugal C.B.: Could non-*Saccharomyces* yeasts contribute on innovative brewing fermentations? Food Res. Int., 2016, 86, 112-120.
- [6] Beer Judge Certification Program – Promoting beer literacy, recognizing beer tasting and evaluation skills. Available online <https://www.bjcp.org> (accessed on: 11 October 2021).
- [7] Bokulich N.A., Bamforth C.W.: The microbiology of malting and brewing. Microbiol Mol. Biol. Rev. 2013, 77, 2, 157-172.
- [8] Borsellino V., Schimmenti E., El Bilali H.: Agri-Food Markets towards Sustainable Patterns. Sustainability, 2020, 12, #2193.
- [9] Brewers Congress. Available online: <https://www.brewersjournal.info/brewers-congress-bigger-and-better-in-2019/>(accessed on: 16 June 2019).
- [10] Březinová M.: Beer Industry in the Czech Republic: Reasons for Founding a Craft Brewery. Sustainability, 2021, 13, #9680.
- [11] Bruner J., Marcus A., Fox G.: Brewing Efficacy of Non-conventional *Saccharomyces Non-cerevisiae* Yeasts. Beverages, 2021, 7, #68.
- [12] Cabras I., Higgins D.M.: Beer, brewing, and business history. Bus. Hist., 2016, 58, 609-624.
- [13] Callejo M.J., Tesfaye W., González M.C., Morata A.: Craft Beers: Current Situation and Future Trends. In New Advances on Fermentation Processes; Intech Open: London, UK, 2019, 147. Available online: <https://www.intechopen.com/chapter/10.5772/intechpub.92147>

- lableonline: <https://www.intechopen.com/books/new-advances-on-fermentation-processes/craft-beers-current-situation-and-future-trends> (accessed on 7 August 2021).
- [14] Capece A., Romaniello R., Siesto G., Romano P.: Conventional and Non-Conventional Yeasts in Beer Production. *Fermentation*, 2018, 4, #38.
- [15] Carvalho D.O., Gonçalves L.M., Guido L.F.: Overall antioxidant properties of malt and how they are influenced by the individual constituents of barley and the malting process. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2016, 15, 927-943.
- [16] Colomer M.S., Funch B., Forster J.: The raise of *Brettanomyces* yeast species for beer production. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 2019, 56, 30-35.
- [17] De Simone N., Russo P., Tufariello, M., Fragasso M., Solimando M., Capozzi V., Grieco F., Spano G.: Autochthonous Biological Resources for the Production of Regional Craft Beers: Exploring Possible Contributions of Cereals, Hops, Microbes, and Other Ingredients. *Foods*, 2021, 10, #1831.
- [18] de Souza Varize C., Christoflet Furlan R.M., de Souza Miranda Muynarsk E., de Melo- Pereira G.V., Lopes L.D., Basso C.L.: Biotechnological Applications of Nonconventional Yeasts. In *Yeast in Biotechnology*. Eds. T. Peixoto Basso. Intech Open. 2019.
- [19] Dias L.G., Pereira A.P., Estevinho L.M.: Comparative study of different Portuguese samples of propolis: pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization and antibacterial activity. *Food Chem. Toxicol.*, 2012, 50, 12, 4246-4253.
- [20] Donadini G., Porretta S.: Uncovering patterns of consumers interest for beer: A case study with craft beers. *Food Res. Int.*, 2017, 91, 183-198.
- [21] dos Santos Bernardi G., Jacir Dal Magro J., Mazutti M.A., Oliveira J.V., Di Luccio M., Zobot G.L., Tres M.V.: 13 - Microfiltration for Filtration and Pasteurization of Beers. *Eng. Tools Beverage Ind. 3: The Science of Beverages*, 2019, 405-434.
- [22] Dzialo M.C., Park R., Steensels J., Lievens B., Verstrepen K.J.: Physiology, ecology and industrial applications of aroma formation in yeast. *FEMS Microbiol. Rev.* 2017, 41, S95-S128.
- [23] Einfalt D.: Barley-sorghum craft beer production with *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii* and *Metschnikowia pulcherrima* yeast strains. *Eur. Food Res. Technol.*, 2021, 247, 385-393.
- [24] Elzinga K.G., Tremblay C.H., Tremblay V.J.: Craft beer in the United States: history, numbers, and geography. *J. Wine Econ.*, 2015, 10, 3, 242-274.
- [25] Europe Craft Beer Market Industry Trends, Share, Growth Analysis And By Region (U.K, Germany, France, Italy, Spain, & Rest Of Europe), Forecast Period 2017-2030, Available online: <https://www.goldsteinresearch.com/report/europe-craft-beer-market-industry-analysis> (accessed on: 27 May 2021).
- [26] Evandri M.G., Battelli L., Daniele C., Mastrangelo S., Bolle P., Mazzanti G.: The antimutagenic activity of *Lavandula angustifolia* (lavender) essential oil in the bacterial reverse mutation assay. *Food Chem. Toxicol.*, 2005, 43, 9, 1381-1387.
- [27] Fisser K.L., Pilkington K.: Lavender and sleep: A systematic review of the evidence. *Eur. J. Integr. Med.*, 2012, 4, 436-447.
- [28] Frančáková H., Dráb S., Solgajová M., Tóth Z., Bojňanská T.: Effect of kieselguhr filtration on optical properties of beer. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, 2013, 2, 1, 2149-2157.
- [29] Gallone B., Steensels J., Prah T., Soriaga L., Saels V., Herrera-Malaver B., Merlevede A., Roncoroni M., Voordeckers K., Miraglia L., Teiling C., Steffy B., Taylor M., Schwartz A., Richardson T., White Ch., Beale G., Maere S., Verstrepen K.J.: Domestication and divergence of *Saccharomyces cerevisiae* beer yeasts. *Cell*, 2016, 166, 6, 1397-1410.e16.
- [30] Gasiński A., Kawa-Rygielska J., Szumny A., Czubaszek A., Gąsior J., Pietrzak W.: Volatile Compounds Content, Physicochemical Parameters, and Antioxidant Activity of Beers with Addition of Mango Fruit (*Mangifera Indica*). *Molecules*, 2020, 25, #3033.

- [31] Guido L.F.: Sulfites in beer: reviewing regulation, analysis and role. *Sci Agric.*, 2016, 73, #2.
- [32] Haniadka R., Saldanha E., Sunita V., Palatty P.L., Fayad R., Baliga M.S.: A review of the gastroprotective effects of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *Food Funct.*, 2013, 4 (6), 845-855.
- [33] Harkness S.: Youth Culture and The Craft Beer Boom: What's so cool about craft beer?, University of Southampton, 2018, Available online (accessed on January 2018): https://www.researchgate.net/profile/Shawnee_Harkness/publication
- [34] Héral B., Stierlin É., Fernandez X., Michel T.: Phytochemicals from the genus *Lavandula*: a review. *Phytochem Rev.*, 2021, 20, 751-771.
- [35] Horincar G., Enachi E., Bolea C., Râpeanu G., Aprodu I.: Value-Added Lager Beer Enriched with Eggplant (*Solanum melongena L.*) Peel Extract. *Molecules*, 2020, 25, #731.
- [36] Hornsey I.S.: *A History of Beer and Brewing*; Royal Soc. Chem. London, UK, 2003, 34.
- [37] Iattici F., Catallo M., Solieri L.: Designing New Yeasts for Craft Brewing: When Natural Biodiversity Meets Biotechnology. *Beverages*, 2020, 6, #3.
- [38] Jang Y.K., Jung E.S., Lee H.A., Choi D., Lee C.H.: Metabolomic characterization of hot pepper (*Capsicum annuum* "CM334") during fruit development. *J. Agric. Food Chem.*, 2015, 63, 9452-9460.
- [39] Jantyyik L., Balogh J.M., Török Á.: What Are the Reasons behind the Economic Performance of the Hungarian Beer Industry? The Case of the Hungarian Microbreweries. *Sustainability*, 2021, 13, #2829.
- [40] Juvonen R., Suihko M.L.: *Megasphaera paucivorans sp. nov., Megasphaera sueciensis, sp. nov.* and *Pectinatus haikarae sp. nov.*, isolated from brewery samples and emended description of the genus *Pectinatus*. *Int. J System Evolutionary Microbiol.*, 2006, 56, 695-702.
- [41] Kamiński M.: Polish Association of Craft Breweries wants to be an active participant and animator of the development of Polish craft brewing. *Ferment. Fruit Veget. Ind.*, 2018, 11 (in Polish).
- [42] Kawa-Rygielska J., Adamenko K., Kucharska A.Z., Prorok P., Piórecki N.: Physicochemical and antioxidative properties of cornelian cherry beer. *Food Chem.*, 2019, 281, 147-153.
- [43] Kim Ch.Y., Jang K.S., Kwon O.H., Jeon S.G., Kwon J.B., Dhungana S.K., Mun J.H., Park Y.S., Kim I.D.: Addition of green pepper enhanced antioxidant potential and overall acceptance of beer. *Int. J. Sci.* 2017, #6.
- [44] Lavender beer list. Available online: <https://www.ratebeer.com/tag/lavender/> (accessed on: 9 October 2021).
- [45] Lesage-Meessen L., Bou M., Sigoillot J.C., Faulds C.B., Lomascolo A.: Essential oils and distilled straws of lavender and lavandin: a review of current use and potential application in white biotechnology. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2015, 99, 3375-3385.
- [46] Libkind D., Hittinger C.T., Valério E., Gonçalves C., Dover J., Johnston M., Gonçalves P., Sampaio J.P.: Microbe domestication and the identification of the wild genetic stock of lager-brewing yeast. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2011, 108, 14539-14544.
- [47] Maicas S.: The Role of Yeasts in Fermentation Processes. *Microorganisms.*, 2020, 8, 8, #1142.
- [48] Mao Q.Q., Xu X.Y., Cao S.Y., Gan R.Y., Corke H., Beta T., Li H.B.: Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *Foods*, 2019, 8 (6), #185.
- [49] Mastanjević K., Krstanović V., Lukinac J., Jukić M., Lucan M., Mastanjević K.: Craft brewing – is it really about the sensory revolution? *Kvasny prumysl.* 2019, 65, 13-16.
- [50] Mastanjević K., Krstanović V., Lukinac J., Jukić M., Vulin Z., Mastanjević K.: Beer—the importance of colloidal stability (Non-Biological Haze). *Fermentation*, 2018, 4 (4), #91.
- [51] Millennials and beer - birofilia.org report. Available online: <https://en.drink-drink.ru/millennialy-i-pivo-otchet-birofilia-org/> (accessed on: 17 August 2021 in: Beer Articles).
- [52] Mukkavilli R., Yang Ch., Tanwar R.S., Saxena R., Gundala S.R., Zhang Y., Ghareeb A., Floyd S.D., Vangala S., Kuo W.W., Rida P.C.G., Aneja R.: Pharmacokinetic-pharmacodynamic correlations in

- the development of ginger extract as an anticancer agent. *Sci. Rep.* 2018, 8, #3056.
- [53] Mulero-Cerezo J., Briz-Redón Á., Serrano-Aroca Á.: *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*: Valuable Probiotic Starter for Craft Beer Production. *Appl. Sci.*, 2019, 9, #3250.
- [54] Nardini M., Garaguso I.: Characterization of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fruit Beers. *Food Chem.* 2020, 305, #125437.
- [55] Paradh A., Hill A.E.: Review: Gram Negative Bacteria in Brewing. *Adv. Microbiol.*, 2016, 6, 195-209.
- [56] Paska M.: Intelligent factories and their technology. *Scientific Works of the University of Management and Entrepreneurship based in Wałbrzych.* 2017, 43 (4), 169-181
- [57] Pendleton J.L.: Craft Beer: Manufacturing Muscle Meets Local Tastes. Chancellor's Honors Program Projects 2015. https://trace.tennessee.edu/utk_chanhonoproj/1858
- [58] Petrucci L., Corbo M.R., Sinigaglia M., Bevilacqua A.: Brewer's Yeast in controlled and uncontrolled fermentations, with a focus on novel, Nonconventional, and superior strains. *Food Rev. Int.*, 2016, 32, 341-363.
- [59] Pinguli L., Malollari I., Troja R., Manaj H., Dhroso A.: Controlling beer filtration process through implementation of enzymatic and microbiological techniques. *The EuroBiotech J.*, 2018, 2 (3), 165-170.
- [60] Pires E.J., Teixeira J.A., Brányik T., Vicente A.A.: Yeast: the soul of beer's aroma – a review of favour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2015, 98(5), 1937-1949.
- [61] Pokrivčák J., Supeková S.C., Lančarič D., Savov R., Toth M., Vašina R.: Development of beer industry and craft beer expansion. *J. Food Nutr. Res.*, 2019, 58, 63-74.
- [62] Polish Association of Home Brewers. Available online: <http://pspd.org.pl/blog/wiki/session-ipa/>, (accessed on: 9 October 2021).
- [63] Polish Breweries, 2018, summary analysis of selected indicators of the impact of the brewing industry in the Polish economy and the environment. Available online: <https://browary-polskie.pl/wp-content/uploads/2018/11/Raport-Deloitte.pdf> (accessed on: 11 October 2021).
- [64] Preiss R., Tyrawa C., Krogerus K., Garshol L.M., van der Merwe G.: Traditional norwegian kveik are a genetically distinct group of domesticated *Saccharomyces cerevisiae* brewing yeasts. *Front Microbiol.*, 2018, 9, #2137.
- [65] Rainieri S., Kodama Y., Kaneko Y., Mikata K., Nakao Y., Ashikari T.: Pure and mixed genetic lines of *Saccharomyces bayanus* and *Saccharomyces pastorianus* and their contribution to the lager brewing strain genome. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2006, 72, 3968-3974.
- [66] Rendall R., Reis M.S., Pereira A.C., Pestana C., Pereira V., Marques J.C.: Chemometric analysis of the volatile fraction evolution of Portuguese beer under shelf storage conditions. *Chemometrics Intelligent Lab. Systems*, 2015, 142, 131-142.
- [67] Rodríguez-Saavedra M., González de Llano D., Beltran G., Torija M.J., Moreno-Arribas M.V.: *Pectinatus* spp. – Unpleasant and recurrent brewing spoilage bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2021, 336, #108900.
- [68] Satora P.: Unconventional yeast in brewing production. *Ferment. Fruit Veget. Ind.* 2018, 11 (in Polish).
- [69] Sebiomo A., Awofodu A.D., Awosanya A.O., Awotona F.E., Ajayi A.J.: Comparative studies of antibacterial effect of some antibiotics and ginger (*Zingiber officinale*) on two pathogenic bacteria. *J. Microbiol. Antimicrob.*, 2011, 3(1), 18-22.
- [70] Sharma L., Chandra M., Ajmera P.: Health benefits of lavender (*Lavandula angustifolia*). *Int. J. Physiol. Nutr. Phys. Educ.*, 2019, 4(1), 1274-1277.
- [71] Slaby M., Šterea K., Olsovsk J.: Filtration of beer – A Review. *Kvasny Prumysl*, 2018, 64(4), 173-184.

- [72] Spáčil V., Teichmannová A.: Intergenerational Analysis of Consumer Behaviour on the Beer Market. *Procedia - Social Behavioral Scienc.* 2016, 220, 487-495.
- [73] The Brewers of Europe (2018) Beer statistics 2018 edition. Available online: <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2018/EU-beer-statistics-2018-web.pdf> (accessed on: 11 October 2021).
- [74] The craft revolution in brewing. Available online: https://www.dsm.com/food-specialties/en_US/insights/beverage/consumers-positive-about-craft-beer.html (accessed on: 12 September 2019).
- [75] The Oxford Companion to Beer definition of juniper. Available online: <https://beerandbrewing.com/dictionary/gHRGC5PjqE/> (accessed on: 11 October 2021).
- [76] Tohma H., Gülçin İ., Bursal E., Gören A.C., Alwaseel S.H., Köksal E.: Antioxidant activity and phenolic compounds of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) determined by HPLC-MS/MS. *J. Food Meas. Charac.*, 2017, 11 (2), 556-566.
- [77] Tozetto L.M., do Nascimento R.F., de Oliveira M.H., Van Beik J., Canteri M.H.G.: Production and physicochemical characterization of craft beer with ginger (*Zingiber officinale*). *Food Sci. Technol.*, 2019, 39(4), 962-970.
- [78] Ulloa P.A., Vidal J., Ávila M.I., Labbe M., Cohen S., Salazar F.N.: Effect of the addition of propolis extract on bioactive compounds and antioxidant activity of craft beer. *Hindawi J. Chem.* 2017, #6716053.
- [79] Valencia D., Alday E., Robles-Zepeda R., Garibay-Escobar A., Galvez-Ruiz J.C., Salas-Reyes M., Jimenez-Estrada M., Valazquez-Contreras E., Hernandez J., Velazquez C.: Seasonal effect on chemical composition and biological activities of Sonoran propolis. *Food Chem.*, 2012, 131 (2), 645-651.
- [80] Wells R., Truong F., Adal A.M., Sarker L.S., Mahmoud S.S.: Lavandula essential oils: A Current Review of Applications in Medicinal, Food, and Cosmetic Industries of Lavender. *Nat. Prod. Commun.*, 2018, 13(10), 1403-1417.
- [81] Wojtyra B.: How and why did craft breweries 'revolutionise' the beer market? The case of Poland. *Moravian Geographical Reports*, 2020, 28, 81-97.
- [82] Wojtyra B., Grudzień Ł., Lichota J.: The (R)evolution of the craft beer scene in Poland after 2010. In: Hoalst-Pullen N., Patterson M. (eds). *Geography Beer*, 2020, Springer, Cham.
- [83] Wojtyra B., Kossowski T., Březinová M., Savov R., Lančarič D.: Geography of craft breweries in Central Europe: Location factors and the spatial dependence effect. *Appl. Geography*, 2020, 124, #102325.
- [84] Zadorozhna M., Mangieri D.: Mechanisms of chemopreventive and therapeutic proprieties of ginger extracts in cancer. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, 22 (12), #6599.
- [85] Zdaniewicz M., Satora P., Pater A., Bogacz S.: Low Lactic acid-producing strain of *Lachancea thermotolerans* as a new starter for beer production. *Biomolecules*, 2020, 10, #256.
- [86] Zhao L., Rupji M., Choudhary I., Osan R., Kapoor S., Zhang H.J., Yang C., Aneja R.: Efficacy based ginger fingerprinting reveals potential antiproliferative analytes for triple negative breast cancer. *Sci. Rep.*, 2020, 10(1), #19182.


ROZWÓJ RYNKU PIW RZEMIEŚLNICZYCH, MIKROORGANIZMY, NIEKONWENCJONALNE DODATKI I ICH WPLYW NA PRODUKT KOŃCOWY

Streszczenie

Wprowadzenie. Współczesny przemysł piwowarski przechodzi obecnie ogromne i szybkie zmiany w wielu krajach świata. Rosnąca liczba browarów i mini browarów rzemieślniczych stanowi wyzwanie dla

dużych koncernów piwnych, ze względu na pojawienie się nowych stylów piwa i ciekawych dodatków, które dają konsumentowi znacznie szerszy wybór niż klasyczny jasny lager. Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie zmian zachodzących w browarnictwie rzemieślniczym w Europie Środkowo-Wschodniej oraz dalszych perspektyw rozwoju tej branży.

Wyniki i wnioski. W niniejszym przeglądzie przedstawiono studium literaturowe dotyczące kluczowych spostrzeżeń wpływających na rozwój piwa rzemieślniczego i transformację branży piwowarskiej. Pokróćce przedstawiono historię światowej rewolucji piwnej i jej znaczenie dla rozwoju rynku browarów rzemieślniczych w Europie Środkowo-Wschodniej. Omówiono rolę mikroorganizmów i innowacyjnych dodatków stosowanych w produkcji piwa rzemieślniczego, wpływających nie tylko na jego smak, ale także na wzrost wartości odżywczej, a co za tym idzie, większe zainteresowanie rynku takim rodzajem piwa. Możliwości i dalsze perspektywy rozwoju tego sektora produkcji piwa rzemieślniczego zarówno w Polsce, jak i w Europie Środkowo-Wschodniej są bardzo obiecujące. Browary rzemieślnicze dokonały prawdziwej rewolucji na rynku piwa, wpływając zarówno na preferencje konsumentów, jaki i przyczyniając się do poprawy jakości i dywersyfikacji oferty na tym rynku. Kupując taki produkt, konsument jest bardziej świadomy zrównoważonego wykorzystania lokalnych surowców w produkcji tego rodzaju piwa.

Słowa kluczowe: piwo rzemieślnicze; drożdże piwowarskie; lawenda; pierzga; polifenole 

DOROTA GAŁKOWSKA, KAMILA KAPUŚNIAK, KAROLINA PYCIA,
LESŁAW JUSZCZAK

ZANIECZYSZCZENIA ŻYWNOŚCI – CHARAKTERYSTYKA I REGULACJE PRAWNE. CZĘŚĆ II

Streszczenie

Wprowadzenie: Odpowiednio kształtowane prawo żywnościowe oraz polityka bezpieczeństwa żywności prowadzona przez instytucje Unii Europejskiej, obejmujące wszystkie etapy łańcucha żywnościowego, mają gwarantować konsumentom bezpieczną żywności oraz dostęp do odpowiednich informacji związanych z bezpieczeństwem żywności, w tym wycofań produktów niebezpiecznych. Obok zagrożeń mikrobiologicznych kluczowym zagadnieniem są zagrożenia natury chemicznej w postaci m.in. mikotoksyn, toksyn roślinnych, metali ciężkich, trwałych fluorowcowanych zanieczyszczeń organicznych, zanieczyszczeń procesowych oraz pozostałych. Pierwotnym aktem prawnym ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych było Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r., które po licznych nowelizacjach zostało uchylone i zastąpione przez Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. W pierwszej części pracy scharakteryzowano toksyny roślinne obejmujące kwas erukowy, alkaloidy tropanowe i pirolizydynowe oraz alkaloidy opium, cyjanowodór i glikozydy cyjanogenne oraz ekwiwalenty delta-9-tetrahydrokannabinolu jako zanieczyszczenia żywności. Celem drugiej części tego opracowania była charakterystyka pozostałych zanieczyszczeń w żywności, których najwyższe dopuszczalne poziomy wprowadzono nowelizacjami rozporządzenia WE 1881/2006 i zawarto je w obowiązującym rozporządzeniu UE 2023/915.

Wyniki i wnioski: Liczne nowelizacje rozporządzenia (WE) nr 1881/2006, a w konsekwencji rozporządzenie (UE) 2023/915, obok najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości toksyn roślinnych wprowadziły najwyższe dopuszczalne poziomy dla przetrwalników buławinki czerwonej i alkaloidów sporyszu – w kategorii mikotoksyny, dla arsenu – w kategorii metale i inne pierwiastki, dla substancji perfluoroalkilowych – w grupie trwałe fluorowcowane zanieczyszczenia organiczne, dla sumy 3-monochloropropanodiolu (3-MCPD) i estrów 3-MCPD kwasów tłuszczowych, wyrażonej jako 3-MCPD oraz estrów glicydylowych kwasów tłuszczowych wyrażonych jako glicydol – w kategorii zanieczyszcze-

Dr hab. inż. prof. URK D. Gałkowska ORCID: 0000-0001-8917-4610, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122,30-149 Kraków; dr K. Kapuśniak ORCID: 0000-0002-8360-8446 Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, ul. Waszyngtona 4/8 42-200 Częstochowa; dr inż. K. Pycia ORCID: 0000-0001-7337-0860; Zakład Ogólnej Technologii Żywności i Żywnienia Człowieka, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Uniwersytet Rzeszowski; prof. dr hab. inż. L. Juszczyk; ORCID: 0000-0001-7933-1889, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122,30-149 Kraków; Kontakt e-mail: dorota.galkowska@urk.edu.pl

nia procesowe oraz dla melaminy oraz nadchloranu, klasyfikowanych jako inne zanieczyszczenia. Lista zagrożeń chemicznych nie jest oczywiście zamknięta i zgodnie z zaleceniami Komisji Europejskiej monitorowaniu w żywności podlegają ślady bromowanych opóźniaczy spalania, obecność niklu, węglowodory olejów mineralnych oraz obecność furanu i alkilofuranów.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo żywności, zanieczyszczenia żywności, zanieczyszczenia procesowe, 3-MCPD

Wprowadzenie

Bezpieczeństwo zdrowotne żywności definiowane jako ogół warunków, które muszą być spełniane i działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji lub obrotu żywnością w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka, jest przedmiotem zainteresowania naukowców, konsumentów oraz organów działających w ramach urzędowej kontroli żywności. Obecność zanieczyszczeń natury chemicznej stanowi istotne kryterium bezpieczeństwa zdrowotnego żywności. Zanieczyszczenia te obejmują naturalne produkty metabolizmu roślin lub drobnoustrojów, substancje zaabsorbowane ze środowiska, w tym pozostałości nawozów i środków ochrony roślin, substancje aktywne stosowane w hodowli i lecznictwie zwierząt oraz w produkcji pasz, substancje wprowadzone do produktów żywnościowych lub powstające w nich wskutek procesów technologicznych – tzw. zanieczyszczenia procesowe – oraz celowo wprowadzane do żywności jako substancje dodatkowe lub mające na celu zafałszowanie środków spożywczych [36, 60, 64].

Wśród zagrożeń chemicznych obecnych w żywności można wyróżnić takie, które powszechnie występują w środowisku (metale ciężkie, pozostałości pestycydów, dioksyny, polichlorowane bifenyly, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne) oraz takie, których obecność w żywności jest możliwa do uniknięcia lub zminimalizowania do akceptowalnego poziomu w wyniku stosowania systemów zapewniających bezpieczeństwo żywności (środki lecznicze, środki ochrony roślin, techniczne środki pomocnicze i konserwujące, substancje powstające w wyniku niewłaściwego przechowywania żywności czy stosowanych technologii przetwórczych) [36, 60, 64]. Całkowite wyeliminowanie tego typu zagrożeń, szczególnie tych środowiskowych, nie jest łatwe, zatem aby ograniczyć ich występowanie, ustawodawstwo żywnościowe wprowadza maksymalne poziomy zanieczyszczeń żywności regulowane Rozporządzeniem Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylającym rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 [45, 52].

W pierwszej części pracy scharakteryzowano toksyny roślinne obejmujące kwas erukowy, alkaloidy tropanowe i pirolizydynowe oraz alkaloidy opium, cyjanowodor i glikozydy cyjanogenne oraz ekwiwalenty delta-9-tetrahydrokannabinolu jako zanie-

czyszczenia żywności [20]. Celem drugiej części tego opracowania była charakterystyka pozostałych zanieczyszczeń w żywności, których najwyższe dopuszczalne poziomy (NDP) wprowadzono nowelizacjami rozporządzenia (WE) nr 1881/2006 i zawarto je w obowiązującym rozporządzeniu (UE) 2023/915 [52]. Zanieczyszczenia te obejmują: przetrwalniki buławinki czerwonej i alkaloidy sporyszu, arsen, substancje perfluoroalkilowe, 3-monochloropropano-1,2-diol (3-MCPD), estry 3-MCPD kwasów tłuszczowych, estry glicydylowe kwasów tłuszczowych, a także melaminę i nadchloran.

Przetrwalniki buławinki czerwonej i alkaloidy sporyszu

Buławinka czerwona (*Claviceps purpurea*) jest grzybem pasożytnym w kwiatach różnych roślin, szczególnie w okresie ich kwitnienia. Grzyb ten wytwarza przetrwalniki, które zawierają groźne mikotoksyny o nazwie alkaloidy sporyszu [23]. Przetrwalniki te występują również w kłosach zbóż oraz w kwiatostanach traw. Łatwo je rozpoznać, bowiem są łukowato wygięte i przyjmują ciemnobrązową barwę. Mają one maksymalnie 4 cm długości i około 4 mm grubości oraz charakterystyczną nierówną powierzchnię. Wielkość przetrwalników nie jest cechą decydującą o stężeniu alkaloidów. Stężenie to istotnie zależy od rodzaju porażonego zboża lub trawy oraz warunków środowiskowych panujących w okresie wegetacji. Z reguły największe formy przetrwalników spotykane są w kłosach żyta, z kolei najmniejsze z nich porażają kłosa pszenicy, pszenżyta lub jęczmienia. Z wieloletnich obserwacji wynika, że deszczowa pogoda połączona z podwyższoną temperaturą powietrza sprzyja porażeniu upraw tych zbóż buławinką czerwoną [23, 61]. W ostatnich latach ujawniono także występowanie grzybów buławinki czerwonej, a w efekcie alkaloidów sporyszu, w sorgo. Z kolei w przypadku traw źródłem tych zanieczyszczeń jest wysoka kostrzewa (*Festuca arundinacea*). Oprócz grzybów także niektóre rośliny mają zdolność do syntetyzowania alkaloidów sporyszu. Mowa tu o roślinach z rodzaju powojowatych [23]. Do kategorii alkaloidów sporyszu należy aż 80 różnych związków chemicznych, spośród których najważniejszymi są: ergotamina, ergometryna, ergokornina, ergozyna, ergokryptyna, ergokrystyna oraz ich izomery [23, 55, 61]. Pod względem budowy chemicznej alkaloidy sporyszu należą do związków indolowych i tworzą największą kategorię metabolitów grzybów o charakterze azotowym. Alkaloidy sporyszu dzieli się pod względem struktury na trzy kategorie: klawiny, amidy kwasu lizergowego oraz peptydy (ergopeptydy lub ergopeptyny) [55]. Zatrucie alkaloidami sporyszu określane jest mianem ergotyzmu. Halucynogeny charakter działania tych alkaloidów związany jest z oddziaływaniem na ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy. W przypadku tego pierwszego udowodniono działanie sympatykolityczne, natomiast w przypadku obwodowego układu nerwowego wykazano działanie na receptory serotoninowe, dopaminergiczne i alfa-adrenergiczne [61]. Objawy zatrucia alkaloidami sporyszu są różnicowane i przyjmują postać tzw. zgorzelinową lub konwulsyjną. Postać zgorzelinowa, znana

także pod nazwą „święty ogień”, objawia się silnym zwężeniem naczyń krwionośnych, prowadzącym do niedokrwienia, a w konsekwencji do autoamputacji kończyny. Charakterystycznym objawem tej postaci zatrucia jest silny ból. Z kolei postać konwulsyjna objawia się halucynacjami wywołanymi wpływem omawianych alkaloidów na receptory serotoninowe. Objawom tym towarzyszy także drżenie mięśni oraz sztywność kończyn. Udowodniono, że zatrucie opisywanymi substancjami niesie ze sobą niebezpieczeństwo także dla rozwijającego się płodu [55, 61]. W przeszłości wielokrotnie dochodziło do masowych zatruc alkaloidami sporyszu, a w efekcie do śmierci na skutek spożycia pokarmu porażonego przez sporysz. Jednak wówczas jeszcze nie potrafiono zidentyfikować tego śmiertelniegroźnego zagrożenia. Przełomem w tym zakresie było wykrycie alkaloidów sporyszu w ciastkach, co było sygnałem do wykonania badań przesiewowych w kierunku wykrycia tych zanieczyszczeń w produktach na bazie ziarna zbóż lub mąki. Pokłosiem tych działań było rozpoczęcie prac nad wprowadzeniem do rozporządzenia ustalającego najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych wymagań dotyczących zanieczyszczeń alkaloidami sporyszu. W późniejszym czasie, na zlecenie EFSA, przeprowadzono szeroko zakrojone badania w krajach członkowskich UE, prowadzące do wykrycia alkaloidów sporyszu w żywności na bazie zbóż. Otrzymane wyniki badań były wystarczające do podjęcia wstępnej analizy ryzyka występowania alkaloidów sporyszu w żywności na bazie ziarna zbóż. W rezultacie opublikowano Zalecenie Komisji z dnia 15 marca 2012 r. w sprawie monitorowania występowania alkaloidów sporyszu w paszy i żywności [65]. Zalecono analizy próbek pod kątem występowania takich alkaloidów sporyszu, jak ergokryptyna lub ergokryptynina, ergotamina lub ergotaminina, ergokryptyna lub ergokryptynina, ergometryna lub ergometrynina, ergotyna lub ergozynina, ergokornina lub ergokorninina. Kolejny dokument regulujący kwestię zawartości przetrwalników buławinki czerwonej oraz alkaloidów sporyszu pojawił się w 2015 r. Było to Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1940 [48], które m.in. obligowało do gromadzenia danych dotyczących obecności alkaloidów sporyszu w zbożach i produktach zbożowych w celu ustalenia związku pomiędzy ich obecnością a obecnością przetrwalników buławinki czerwonej oraz w celu umożliwienia określenia odpowiednich i możliwych do osiągnięcia najwyższych dopuszczalnych poziomów alkaloidów sporyszu. Ponadto ustalono kryteria w zakresie przetrwalników buławinki czerwonej dla nieprzetworzonego zboża, z wyjątkiem kukurydzy i ryżu, na poziomie 0,5 g/kg [48]. Kolejny dokument ukazał się w 2021 r. Było to Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1399 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów przetrwalników buławinki czerwonej i alkaloidów sporyszu w niektórych środkach spożywczych [50]. Na mocy tego aktu prawnego wprowadzono zmiany w zakresie najwyższego dopuszczalnego poziomu przetrwalników buławinki czerwonej oraz alkaloidów sporyszu w różnych środkach spożywczych. Ostatnie Rozporządzenie z 2023 r. [52] w kategorii

mikotoksyny, w pkt. 1.8, ustala najwyższe dopuszczalne poziomy przetrwalników bulawinki czerwonej dla nieprzetworzonego ziarna zbóż, z wyjątkiem nieprzetworzonego ziarna żyta oraz ziarna ryżu i kukurydzy, na poziomie wynoszącym 0,2 g/kg. W przypadku nieprzetworzonego ziarna żyta najwyższy dopuszczalny poziom omawianych przetrwalników wynosi 0,5 g/kg, natomiast od 1 lipca 2024 r. będzie on obniżony do wartości 0,2 g/kg. W cytowanym rozporządzeniu najwyższe dopuszczalne poziomy alkaloidów sporyszu odnoszą się do dolnych granic sumy stężeń ergokorniny lub ergokornininy, ergokryptyny lub ergokryptyniny, ergokryptyny lub ergokryptyniny (formy α i β), ergometryny lub ergometryniny, ergotyny lub ergozyniny oraz ergotaminy lub ergotamininy (Tabela 1).

Tabela 1. Najwyższe dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń środków spożywczych alkaloidami sporyszu [52]

Table 1. Maximum permissible levels of contamination of foodstuffs with ergot alkaloids [52]

Środek spożywczy / Foodstuff	Najwyższy dopuszczalny poziom / Maximum permissible level [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
Produkty mielenia jęczmienia, pszenicy, orkisz i owsa (o zawartości popiołu mniejszej niż 900 mg/100 g suchej masy) / Products from the milling of barley, wheat, spelled and oats (with an ash content of less than 900 mg/100 g of dry matter)	100 50 – od 1 lipca 2024 r./as of 1 July 2024
Produkty mielenia jęczmienia, pszenicy, orkisz i owsa (o zawartości popiołu nie mniejszej niż 900 mg/100 g suchej masy), ziarna jęczmienia, pszenicy, orkisz i owsa wprowadzane do obrotu z przeznaczeniem dla konsumenta końcowego / Products from the milling of barley, wheat, spelled and oats (with an ash content of not less than 900 mg/100 g of dry matter), grains of barley, wheat, spelled and oats placed on the market for the final consumer	150
Produkty mielenia żyta, żyto wprowadzane do obrotu z przeznaczeniem dla konsumenta końcowego / Rye milling products, rye placed on the market for the final consumer	500 250 – od 1 lipca 2024 r. / as of 1 July 2024
Gluten pszenny / Wheat gluten	400
Przetworzona żywność na bazie zbóż dla niemowląt i małych dzieci / Processed grain-based food for infants and young children	20

Arsen

Arsen to naturalnie występujący metaloid (wykazuje cechy metali i niemetalu). Atom arsenu występuje na różnych stopniach utlenienia (+V, +III, 0, -III), przy czym forma As(V) jest najbardziej stabilna w warunkach aerobowych. W środowisku występuje wiele różnych związków arsenu, ale najbardziej istotne z punktu widzenia ich wpływu na organizm człowieka są związki nieorganiczne, takie jak: tritlenek diarsenu (As_2O_3), czyli pot. arsenik, arsenowódór (AsH_3), kwas arsenowy(III) (H_3AsO_3) i kwas

arsenowy(V) (H_3AsO_4) oraz związki organiczne: kwas monometyloarsenowy(III) ($\text{CH}_3\text{AsO}_2\text{H}_2$) i monometyloarsenowy(V) ($\text{CH}_3\text{AsO}_3\text{H}_2$) oraz kwas dimetyloarsenowy(III) ($(\text{CH}_3)_2\text{AsOH}$) [35, 54].

Arsen może występować w powietrzu, glebie, wodzie i pożywieniu, zarówno naturalnie, jak również wskutek zmian antropogenicznych [9, 44]. W wyniku działalności człowieka arsen dostaje się do środowiska m.in. poprzez stosowanie insektycydów, herbicydów i nawozów fosforowych oraz wraz z emisjami z różnych gałęzi przemysłu [44, 57]. Konsekwencją wymienionych procesów jest również zanieczyszczenie wody pitnej i całego łańcucha pokarmowego (roślin i konsumujących je zwierząt), co stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia człowieka i skutkuje największym narażeniem na arsen drogą pokarmową. Istotnym źródłem arsenu są rośliny zbożowe, a rośliną, która może gromadzić większą ilość nieorganicznych związków arsenu niż jakiegokolwiek inne rośliny zbożowe jest ryż. Wysoka zawartość arsenu w środowisku i największe skażenie wody pitnej jest szczególnie niebezpieczne w niektórych obszarach świata, szczególnie w Bangladeszu, w niektórych regionach Wietnamu, w Kambodży, Indiach, Nepalu, Chinach, USA, Argentynie, Peru czy Meksyku [28, 39].

Toksyczność arsenu uzależniona jest od formy, w jakiej występuje i można ją uszeregować następująco: nieorganiczne związki As(III) > organiczne związki As(III) > nieorganiczne związki As(V) > organiczne związki As(V) > As(0) [54]. Arsen i nieorganiczne związki arsenu zostały sklasyfikowane jako kancerogeny grupy I [53]. Objawami ostrego zatrucia arsenem, np. w wyniku jego przypadkowego spożycia, są nudności, silny ból brzucha, wymioty, biegunka, zaburzenia sercowo-naczyniowe, a w ciężkich przypadkach śmierć [31]. W wypadku chronicznego narażenia na arsen jest on metabolizowany, niejednokrotnie do bardziej toksycznych metabolitów [39]. Udokumentowano kancerogenny wpływ arsenu na wiele narządów człowieka oraz szkodliwy wpływ na funkcjonowanie układu nerwowego i sercowo-naczyniowego [21]. Potwierdzono związek pomiędzy narażeniem na arsen a rozwojem nowotworów płuc, okrężnicy, wątroby, pęcherza moczowego, skóry i nerek, a także chorobami układu pokarmowego, endokrynnego, zwiększoną śmiertelnością i obniżoną masą urodzeniową noworodków [1, 28, 44].

W Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. nie określono dopuszczalnego poziomu arsenu w środkach spożywczych [45]. Z kolei w 2009 r. panel EFSA przyjął opinię dotyczącą arsenu w żywności, w której określił, że dotychczas stosowane tymczasowe tolerowane tygodniowe pobranie (PTWI) na poziomie $15 \mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała, ustanowione przez Wspólny Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Dodatków do Żywności (JECFA), nie jest już właściwe [10]. Podkreślono, iż narażenie przez skórę i przez drogi oddechowe jest możliwe, jednak głównymi drogami narażenia na arsen są żywność i woda pitna, a narażenie z dietą na arsen nieorganiczny u dzieci poniżej trzeciego roku życia oszacowano na około 2 do 3 razy wyższe niż

u dorosłych. W 2014 r. ukazało się Sprawozdanie naukowe EFSA na temat narażenia z diety na arsen nieorganiczny w populacji europejskiej [13]. Ze względu na ryzyko narażenia z diety, szczególnie dzieci do lat 3 oraz osób konsumujących duże ilości ryżu, na wysokie spożycie arsenu nieorganicznego i wynikające z tego spożycia zagrożenia zdrowotne (nowotwory płuc, skóry i pęcherza oraz uszkodzenia skóry), w 2015 r. wprowadzono Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów nieorganicznego arsenu w środkach spożywczych [47]. Ponadto w 2015 r. Komisja (UE) wydała zalecenie dla państw członkowskich dotyczące monitorowania obecności arsenu w żywności w latach 2016 ÷ 2018 [69]. Skutkiem było opublikowanie w 2021 r. Sprawozdania naukowego EFSA na temat przewlekłego narażenia z diety na arsen nieorganiczny [16]. Podkreślono konieczność ustalenia nowych najwyższych dopuszczalnych poziomów dla towarów przyczyniających się do narażenia konsumentów na arsen oraz obniżenia obecnych najwyższych dopuszczalnych poziomów. Zmiany te nastąpiły wraz z Rozporządzeniem Komisji

Tabela 2. Najwyższe dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń środków spożywczych arsenem [52]

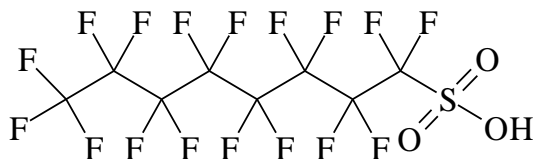
Table 2. Maximum permissible levels of arsenic contamination of foodstuffs [52]

Środek spożywczy / Foodstuff	Najwyższy dopuszczalny poziom / Maximum permissible level [mg/kg]
Arsen nieorganiczny (suma As(III) i As(V))	
Ryż nieparzony bielony (ryż polerowany lub biały) / Uncooked milled rice (polished or white rice)	0,15
Ryż parzony i ryż luskany / Parboiled rice and husked rice	0,25
Mąka ryżowa / Rice flour	0,25
Wafle ryżowe, papier ryżowy, krakersy ryżowe, ciastka ryżowe, płatki ryżowe i prażony ryż śniadaniowy / Rice cakes, rice paper, rice crackers, rice cakes, rice flakes and puffed breakfast rice	0,30
Ryż przeznaczony do produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci / Rice intended for the production of food for infants and young children	0,10
Bezalkoholowe napoje na bazie ryżu / Non-alcoholic rice-based drinks	0,03
Preparaty do początkowego i dalszego żywienia niemowląt, żywność specjalnego przeznaczenia medycznego dla niemowląt i małych dzieci, preparaty do żywienia małych dzieci / Preparations for initial and further infant feeding, food for special medical purposes for infants and young children, preparations for feeding young children	0,02 (proszek) 0,01 (płyn)
Żywność dla dzieci / Baby food	0,02
Soki owocowe, koncentraty soków owocowych po odtworzeniu oraz nektary owocowe / Fruit juices, reconstituted fruit juice concentrates and fruit nectars	0,02
Arsen całkowity / Total arsenic	
Sól / Salt	0,50

(UE) 2023/465. Wprowadzono również dopuszczalny poziom arsenu całkowitego w soli. Zmiany te podtrzymano w ostatnim Rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 [52] w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności uchylającym rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 (Tabela 2).

Substancje perfluoroalkilowe

Związki perfluoroalkilowe oraz związki polifluoroalkilowe (ang. *per- and polyfluoroalkyl substances*, PFASs) należą do syntetycznych związków fluoroorganicznych, w których cząsteczkach występuje wiele atomów fluoru przyłączonych do łańcucha alkilowego oraz co najmniej jedna grupa perfluoroalkilowa C_nF_{2n} . Liczba obecnie znanych związków z tej grupy wynosi ponad cztery tysiące [8, 76]. Głównymi przedstawicielami tej grupy związków są kwasy: perfluorooktanosulfonowy (PFOS) (Ryc. 1), perfluorooktanowy (PFOA), perfluorononanowy (PFNA) oraz perfluoroheksanosulfonowy (PFHxS) [52].



Rycina 1. Struktura chemiczna kwasu perfluorooktanosulfonowego (PFOS) [18]

Figure 1. Chemical structure of perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) [18]

Ze względu na zdolność do obniżania napięcia powierzchniowego związki perfluoroalkilowe znalazły szerokie wykorzystanie w wielu rozwiązaniach przemysłowych, głównie jako substancje powierzchniowo czynne do impregnacji powierzchni papieru, tektur, tkanin, wykładzin, dywanów, tapicerki, skór oraz odzieży ochronnej, jako dodatki do farb, lakierów, past oraz powłok, w produkcji papierowych naczyń stołowych jednorazowego użytku, torebek, papieru opakowaniowego oraz tekturowych pojemników, kartonów czy kontenerów przeznaczonych do kontaktu z żywnością lub paszą [8, 76]. Inne rodzaje zastosowań PFASs obejmują wykorzystanie tych związków jako substancji powierzchniowo czynnych w środkach gaśniczych, jako substancji powlekających w procesie galwanizacji, do produkcji półprzewodników, płynów hydraulicznych, jako substancji czyszczących, polerujących, odplamiaczy, dodatków do szamponów, powłok ochronnych, preparatów użytkowych pestycydów, katalizatorów chemicznych, smarów, wosków, klejów, płynnych wymienników ciepła, nawozów sztucznych, czynników nawilżających oraz spieniających [18, 76].

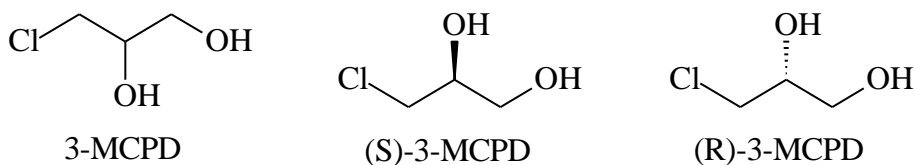
Związki perfluoroalkilowe stanowią istotne zanieczyszczenie środowiska oraz żywności i wody pitnej, będące wynikiem bioakumulacji. Ponieważ związki te zawierają silne wiązanie węgla-fluor, bardzo trudno ulegają degradacji w warunkach śro-

dowiskowych. Ze względu na ich trwałość w środowisku i bioakumulację niektóre kongenery PFASs nazywane są „wiecznymi chemikaliami” [18, 76]. Głównym źródłem narażenia organizmu człowieka na PFASs jest zanieczyszczenie środków spożywczych, które może również wynikać z migracji tych substancji do żywności z opakowań lub innych materiałów mających bezpośredni kontakt z żywnością [8, 76]. Substancje te mogą mieć niekorzystny wpływ na poziom cholesterolu w surowicy, powodować choroby tarczycy i wątroby oraz układu odpornościowego, a także nowotwory jąder i nerek [15].

Ze względu na zagrożenia wynikające z występowania związków perfluoroalkilowych w żywności, w 2012 r. Komisja UE wydała zalecenie w sprawie monitorowania ich obecności w środkach spożywczych [66]. W 2020 r. EFSA przyjął opinię dotyczącą ryzyka dla zdrowia ludzi związanego z obecnością substancji perfluoroalkilowych w żywności, w której stwierdził, że substancje te (PFOS, PFOA, PFNA i PFHxS) mogą powodować zaburzenia rozwojowe i mogą mieć niekorzystny wpływ na poziom cholesterolu w surowicy, na wątrobę i układ odpornościowy oraz na masę urodzeniową niemowląt [15]. Ponadto wpływ omawianych związków na układ odpornościowy został przez EFSA uznany za najbardziej krytyczny, w związku z czym ustalona została grupowa wartość tolerowanego pobrania tygodniowego (TWI) na poziomie 4,4 ng/kg m.c. EFSA stwierdził także, że narażenie części populacji europejskiej na te substancje przekracza TWI, dlatego Komisja postanowiła ustalić najwyższe dopuszczalne poziomy tych substancji w żywności. Kolejne zalecenie w sprawie monitorowania obecności substancji perfluoroalkilowych w żywności zostało wydane w 2022 r. [73]. Wynikiem tych działań była publikacja Rozporządzenia Komisji (UE) 2022/2388 z dnia 7 grudnia 2022 r. w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów substancji perfluoroalkilowych w niektórych środkach spożywczych [51]. Poziomy te zostały podtrzymane w najnowszym Rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r., w sekcji 4 „Trwałe fluorowcowane zanieczyszczenia organiczne” [52]. Limity dotyczące poszczególnych substancji perfluoroalkilowych oraz ich sumy określone zostały m.in. dla jaj (suma PFOS, PFOA, PFNA i PFHxS: 1,7 µg/kg), produktów rybołówstwa i małży (suma 2,0-45 µg/kg), a także dla mięsa i podrobów jadalnych (suma 1,3-50 µg/kg).

3-Monochloropropano-1,2-diol (3-MCPD), estry 3-MCPD kwasów tłuszczowych, estry glicydylowe kwasów tłuszczowych

3-monochloropropano-1,2-diol (wg IUPAC: 3-chloropropano-1,2-diol) (3-MCPD) jest chiralną cząsteczką występującą w naturze jako racemiczna mieszanina enancjomerów (R) i (S) (Ryc. 2) zaliczanych do chloropropanoli [19].



Rycina 2. Struktura chemiczna 3-monochloropropano-1,2-diolu [19]

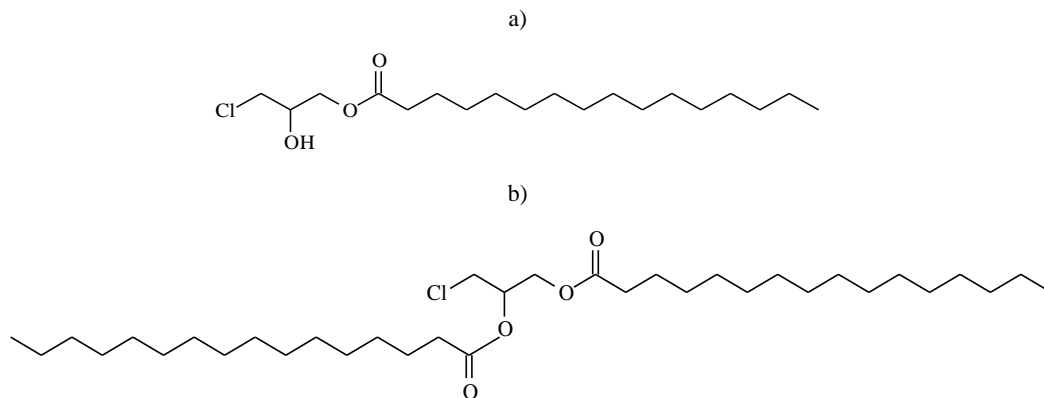
Figure 2. Chemical structure of 3-chloro-1,2-propanediol [19]

Chloropropanole to grupa pięciu głównych związków, obejmująca: 3-chloropropano-1,2-diol (3-MCPD), 3-chloropropan-1-ol (3-MCP), 2-chloropropano-1,3-diol (2-MCPD), 2,3-dichloropropano-1-ol (2,3-DCP) oraz 1,3-dichloropropano-2-ol (1,3-DCP) [59]. Pod względem właściwości fizycznych 3-MCPD jest higroskopijną, bezbarwną cieczą, która w temperaturze pokojowej ma tendencję do przekształcania się w oleistą żółtawą ciecz o wyraźnym przyjemnym zapachu. 3-MCPD, ze względu na wysoką polarność, jest dobrze rozpuszczalny w rozpuszczalnikach polarnych, takich jak octan etylu, metanol, etanol, chloroform i aceton [59].

Chloropropanodiole stanowią toksyczne zanieczyszczenia chemiczne tłuszczów jadalnych oraz żywności zawierającej lipidy. Powstają w wyniku przetwarzania lub podczas przechowywania ww. żywności, w wyniku reakcji fosfolipidów, triacylogliceroli lub gliceryny z kwasem chlorowodorowym [59]. W 1978 r. po raz pierwszy stwierdzono obecność 3-MCPD w sosie sojowym otrzymany hydrolytycznie z użyciem kwasu solnego w podwyższonej temperaturze, co stało się podstawą do stwierdzenia, że 3-MCPD tworzy się jako produkt uboczny przy wytwarzaniu hydrolyzowanych białek roślinnych (ang. HVP – *hydrolysed vegetable proteins*) [19, 22, 59]. Wykazano, że prekursorami 3-MCPD i 1,3-DCP powstającymi w HVP i w sosach sojowych jest kwas solny i lipidy resztkowe zawarte w użytych surowcach [24]. W późniejszych latach dowiedziono, że 3-MCPD jest najczęściej występującym związkiem zanieczyszczającym w rafinowanych olejach jadalnych [19, 59]. Tworzy się on bowiem podczas wysokotemperaturowej obróbki oleju, szczególnie na etapie dezodoryzacji, w obecności chlorowanych substancji chemicznych [59]. Co istotne, 3-MCPD występuje zarówno w postaci wolnej, jak i zestryfikowanej z kwasami tłuszczowymi (3-MCPDE) (Ryc. 3), przy czym estry 3-MCPD występują znacznie częściej niż wolny 3-MCPD [20]. W obecności jonów chlorkowych może również zachodzić dwukierunkowa konwersja 3-MCPD do glicydotu (Ryc. 4), a następnie do 2-MCPD. Analogiczne reakcje mogą przebiegać z udziałem zestryfikowanych form ww. związków [59].

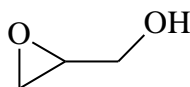
Szybkość powstawania i zawartość omawianych zanieczyszczeń w produkcie zależą od czasu i temperatury procesu rafinacji oraz od składu chemicznego surowego

oleju [19]. Szczegółowe mechanizmy tworzenia się 3-MCPD oraz estrów chloropropanodiolu zostały objaśnione w pracy Hamlet i wsp. [24].



Rycina 3. Struktura chemiczna 3-monochloropropano-1-monopalmitynianu (a) oraz 3-monochloropropanodipalmitynianu (b) [19]

Figure 3. Chemical structure of 3-chloro-1,2-propanediol 1-monopalmitate (a) and 3-chloro-1,2-propanediol dipalmitate (b) [19]



Rycina 4. Struktura chemiczna glicydołu [59]

Figure 4. Chemical structure of glycidol [59]

3-MCPD i jego estry mogą występować nie tylko w rafinowanych olejach roślinnych czy w hydrolizatach białkowych, ale także w innych produktach spożywczych, a zwłaszcza w tych, w których frakcję lipidową stanowią rafinowane tłuszcze. Omawiane związki zostały zidentyfikowane m.in. w przetworach mięsnych, produktach rybnych, margarynie, produktach zbożowych, ciemnym słodzie, a nawet w odżywkach dla niemowląt [24, 59]. Jak podają Syed Putra i wsp. [59] 3-MCPD może powstawać nie tylko w żywności przetwarzanej przemysłowo, ale także w tej poddawanej domowej obróbce kulinarnej. W pracy przeglądowej [19] podsumowującej wyniki prowadzonych na zwierzętach doświadczalnych badań toksykologicznych dotyczących 3-MCDP wskazano, iż powoduje on zaburzenia funkcjonowania nerek oraz układów rozrodczego, neurologicznego i odpornościowego. Stwierdzono, że za nefrotoksyczność i działanie toksyczne ww. związków na jądra gryzoni najprawdopodobniej odpowiadają niektóre metabolity chloropropanolu, w tym aldehyd β -chloromlekowy i kwas

szczawiowy, które przyczyniają się do hamowania glikolizy, a w konsekwencji do braku równowagi w metabolizmie energetycznym [19, 59]. Z kolei, na podstawie wyników badań *in vivo*, uznano, iż ani 3-MCDP, ani jego metabolity nie wykazują działania genotoksycznego u gryzoni, natomiast działanie takie przypisuje się glicydolowi [19]. Powyższe obserwacje sugerują zatem, iż glicydol nie powstaje w znaczących ilościach na szlaku metabolicznym 3-MCDP [19]. Jak podano w raporcie Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (IARC), wyniki doświadczeń prowadzonych na zwierzętach doświadczalnych dostarczyły wystarczających dowodów na rakotwórczość 3-MCDP. W związku z powyższym oraz z brakiem danych dotyczących kancerogennego oddziaływania 3-MCDP na organy człowieka, IARC sklasyfikowała 3-MCPD jako „potencjalnie rakotwórczy dla ludzi” (grupa 2B) [26]. Z kolei w 2018 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) ustalił wielkość tolerowanego dziennego pobrania (ang. TDI) na poziomie 2 µg/kg masy ciała [35].

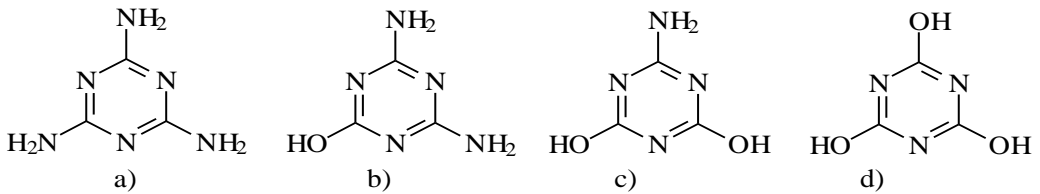
Obawy dotyczące toksyczności estrów 3-monochloropropano-1,2-diolu (zarówno mono-, jak i diestrów) wynikają z możliwości hydrolizy enzymatycznej tych związków podczas trawienia żywności zawierającej 3-MCPDE. Uwolniony z nich 3-MCDP może być wchłaniany z nabłonka jelitowego do naczyń limfatycznych i działać toksycznie na organizm [19, 59].

W nowym rozporządzeniu określającym najwyższe dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń w żywności, przyjętym przez Komisję Europejską w 2023 r. [52], w sekcji 5 „Zanieczyszczenia procesowe”, wartości NDP 3-monochloropropano-1,2-diolu (3-MCPD) ustalono dla hydrolizowanych białek roślinnych i sosu sojowego – wynoszą one w obu przypadkach 50 µg/kg suchej masy produktu. NDP zawartości sumy 3-MCDP i estrów 3-MCPD kwasów tłuszczowych, wyrażonej jako 3-MCDP, został określony dla następujących kategorii artykułów wprowadzanych do obrotu z przeznaczeniem dla konsumenta końcowego lub stosowania jako składnik żywności: (a) olejów i tłuszczów z orzechów kokosowych, kukurydzy, rzepaku, słonecznika, soi, nasion palmowych i oliwy z oliwek (składającej się z rafinowanej oliwy z oliwek oraz oliwy z oliwek z pierwszego tłoczenia) oraz mieszaniny olejów i tłuszczów z olejami i tłuszczami wyłącznie z tej kategorii, z wyjątkiem oliwy z oliwek z pierwszego tłoczenia – 1250 µg/kg; (b) innych olejów roślinnych (w tym oliwy z wyciżyn z oliwek), olejów z ryb i olejów z innych organizmów morskich oraz mieszanin olejów i tłuszczów z olejami i tłuszczami wyłącznie z tej kategorii – 2500 µg/kg. Ponadto, oleje i tłuszcze z ww. kategorii wykorzystywane jako składnik mieszaniny muszą być zgodne z NDP ustalonym dla oleju i tłuszczu, w związku z czym poziom sumy 3-MCDP i estrów 3-MCPD w mieszaninie nie może przekraczać poziomu obliczonego z uwzględnieniem proporcji składników w produkcie, a gdy skład ilościowy nie jest znany – nie może przekraczać 2500 µg/kg. W przypadku olejów i tłuszczów roślinnych, olejów z ryb i olejów z innych organizmów morskich, przeznaczonych do produkcji żywności dla

dzieci i przetworzonej żywności na bazie zbóż dla niemowląt i małych dzieci, NDP zawartości sumy omawianych związków wynosi 750 $\mu\text{g}/\text{kg}$, natomiast NDP dotyczący estrów glicydolowych kwasów tłuszczowych wyrażonych jako glicydol – 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Z kolei w preparatach do początkowego żywienia niemowląt, preparatach do dalszego żywienia niemowląt oraz żywności specjalnego przeznaczenia medycznego przeznaczonej dla niemowląt i małych dzieci i w preparatach do żywienia małych dzieci NDP sumy 3-MCDP i estrów 3-MCPD oraz NDP estrów glicydolowych kwasów tłuszczowych wyrażonych jako glicydol wynoszą, odpowiednio, 125 $\mu\text{g}/\text{kg}$ oraz 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$, gdy wymienione produkty wprowadzane są do obrotu jako proszek lub 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ oraz 6,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, gdy produkty te wprowadzane są do obrotu w postaci płynnej. Zgodnie z cytowanym rozporządzeniem, NDP estrów glicydolowych kwasów tłuszczowych wyrażonych jako glicydol w olejach i tłuszczach roślinnych (z wyjątkiem oliwy z oliwek z pierwszego tłoczenia), w olejach z ryb i olejach z innych organizmów morskich wprowadzanych do obrotu z przeznaczeniem dla konsumenta końcowego lub do stosowania jako składnik w żywności, z wyjątkiem tych produktów przeznaczonych do produkcji żywności dla dzieci i przetworzonej żywności na bazie zbóż dla niemowląt i małych dzieci, przyjmuje wartość 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Melamina

Melamina (2,4,6-triamino-1,3,5-triazyna) to aromatyczny związek heterocykliczny z grupy amin, trimer cyjanamidu. Charakteryzuje się wysoką (ok. 66 %) zawartością azotu ze względu na obecność aż sześciu atomów azotu w swojej cząsteczce (Ryc. 5). Melamina stosowana jest do wyrobu żywic melaminowych, laminatów, farb, lakierów, tworzyw sztucznych, środków czyszczących i nawozów [43, 76]. Analogi melaminy – kwas cyjanurowy, ammelina i ammelid – mają podobne zastosowania jak melamina i charakteryzują się podobną do niej toksycznością.



Rycina 5. Struktura chemiczna melaminy oraz jej analogów: ameliny, ammelidu i kwasu cyjanurowego [43]

Figure 5. Chemical structure of melamine and its analogues: ammeline, ammelide and cyanuric acid [43]

Obecność melaminy w żywności stanowi albo celowe zafałszowanie, albo niezamierzone skażenie [8]. Ze względu na wysoką zawartość azotu melamina była stoso-

wana do celowego fałszowania żywności [37]. Jej dodatek pozwala na pozorne zawyżenie zawartości białka w produkcie, jako że jedną z podstawowych metod oznaczania zawartości białka jest metoda Kjeldahla, która opiera się na obliczeniu zawartości białka w oparciu o oznaczoną zawartość azotu. W 2007 r. w USA stwierdzono wiele zgonów zwierząt domowych, tj. psów i kotów, co okazało się następstwem obecności w karmie mąki pszennej pochodzącej z Chin, skażonej melaminą i jej analogami [42]. W 2008 r. w Chinach doszło do ok. 300 000 zachorowań i co najmniej kilku zgonów spowodowanych zanieczyszczeniem melaminą preparatów mleka modyfikowanego [2]. Niestety, okazało się, że problem zanieczyszczenia melaminą był dużo bardziej wszechobecny niż początkowo się wydawało i dotyczył wielu innych produktów, poza mlekiem modyfikowanym i karmą dla zwierząt [27]. Melamina może się dostać do żywności również w sposób nieumyślny – wskutek migracji z naczyń kuchennych lub zastawy stołowej [3, 56].

Melamina nie jest metabolizowana przez ssaki i zostaje wydalona z moczem [42]. Podejrzuje się, że główne problemy zdrowotne związane z jej spożyciem wywołane są tworzeniem się nierozpuszczalnych kryształów melaminy i jej metabolitu – kwasu cyjanurowego – w drogach moczowych [43]. Kryształy te mogą powodować uszkodzenia kanalików proksymalnych i dystalnych, co z kolei może być odpowiedzialne za wystąpienie ostrej niewydolności nerek, a w niektórych przypadkach (np. przy niewielkiej średnicy kanalików u niemowląt) może prowadzić nawet do zgonów [38]. Wykazano różnorodne skutki toksyczne melaminy, w tym zachorowania na kamice nerkową, przewlekłe zapalenie nerek, raka pęcherza moczowego, działanie neurotoksyczne, pogorszenie stanu wątroby, męską i żeńską toksyczność reprodukcyjną [2, 8, 37]. Co istotne, wykazano również, że aktywność drobnoustrojów jelitowych może wpływać na metabolizm i toksyczność melaminy [74].

W Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 nie określono dopuszczalnego poziomu melaminy w środkach spożywczych [45]. W dniu 18 marca 2010 r. EFSA przyjął opinię naukową dotyczącą melaminy w żywności i paszy, w której omówiono problemy zdrowotne wynikające z fałszowania paszy i preparatów dla niemowląt poprzez dodawanie melaminy [11]. W ślad za tym w lipcu 2010 r. Komisja Codex Alimentarius ustaliła najwyższe dopuszczalne poziomy dla melaminy w paszy i żywności [17], co z kolei spowodowało, że zaistniała potrzeba wprowadzenia zmian w obowiązującym Rozporządzeniu Komisji ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. W 2012 r. Rozporządzeniem Komisji (UE) nr 594/2012 do załącznika Rozporządzenia z 1881/2006 dodano sekcję 7 „Melamina i jej analogi strukturalne” [46]. W sekcji tej ujęto: (1) preparaty do początkowego żywienia niemowląt, preparaty do dalszego żywienia niemowląt i preparaty do żywienia małych dzieci w proszku oraz (2) pozostałe produkty, dla których przyjęto wyższy dopuszczalny poziom (2,5 mg/kg). W kolejnych latach Komisja Europejska

zgodziła się zaakceptować przyjęty przez Kodeks Żywnościowy najwyższy dopuszczalny poziom nie tylko w odniesieniu do preparatów do początkowego żywienia niemowląt w proszku (1,0 mg/kg), ale także do preparatów płynnych (0,15 mg/kg). Zmiany takie wprowadzono obowiązującym Rozporządzeniem z 2023 r. [52]. Dodatkowo w Rozporządzeniach z 2012 r. i 2023 r. dla grupy pozostałych produktów określono, iż „najwyższy dopuszczalny poziom nie ma zastosowania do żywności, w odniesieniu do której można udowodnić, że poziom melaminy wyższy niż 2,5 mg/kg jest wynikiem dopuszczonego stosowania cyromazyny jako insektycydu”.

Nadchloran

Nadchlorany (chlorany(VII)) to nieorganiczne, rozpuszczalne w wodzie sole kwasu nadchlorowego (chlorowego(VII)) z kationami sodu, potasu, amonu, litu czy magnezu. Chlor na maksymalnym stopniu utlenienia zapewnia silnie utleniające właściwości nadchloranu [34]. Anion nadchloranowy ze względu na swoją budowę wykazuje dużą stabilność w środowisku wodnym [5, 30]. Nadchloran w środowisku występuje w glebie, wodzie i żywności, zarówno naturalnie, jak i wskutek działalności człowieka [30, 34]. Nadchlorany ze względu na swoje właściwości są szeroko stosowane m.in. do produkcji fajerwerków, materiałów wybuchowych, zapalek, flar bezpieczeństwa oraz w operacjach wojskowych, a powszechnie wykorzystanie tych materiałów w konsekwencji przyczynia się do antropogenicznego skażenia środowiska [6, 63]. Co więcej, na skutek, nie w pełni poznanych, naturalnych mechanizmów nadchloran powstaje w atmosferze, skąd również przedostaje się do gleby i wód gruntowych [14]. Obecność nadchloranów w glebie może wpłynąć dodatkowo na przyspieszenie rozpuszczania minerałów, zwiększając w ten sposób ilość potencjalnie toksycznych metali ciężkich i/lub śladowych przedostających się do gleby i wód gruntowych [34]. Z gleby, wody stosowanej do nawadniania oraz z nawozów zanieczyszczeniu ulegają różne rośliny, a w konsekwencji owoce i warzywa [6]. Bioakumulacja nadchloranów jest największa w roślinach liściastych, takich jak szpinak czy sałata [62]. Większość naturalnych nadchloranów w glebie występuje na Ziemi wyłącznie w suchych i półsuchych środowiskach, np. na pustyniach, jak również na terenach z pokrywą śnieżną i lodową (np. na Antarktydzie, w Kanadzie, na Alasce) [6, 29]. Ponadto nadchlorany wykryto w wodach powierzchniowych i gruntowych wykorzystywanych do dostarczania wody pitnej [30, 63], w wodzie morskiej [25] czy w Wielkich Jeziorach w USA [41].

Narażenie ludzi oraz zwierząt wodnych i lądowych na nadchlorany występuje głównie w wyniku spożycia wody i żywności skażonej nadchloranami [58]. Ponadto spożycie roślin nawadnianych wodą zanieczyszczoną nadchloranami stanowi kolejną drogę narażenia na te substancje [34]. Dodatkowo transfer troficzny można uznać za pośrednią drogę narażenia organizmów na nadchlorany [4]. Wykazano, że nadchlorany przede wszystkim zaburzają pracę tarczycy, gdyż jon nadchloranowy zakłóca wychwyt

jonów jodu przez tarczycę [12]. Wychwył jonów nadchloranowych w miejsce jodkowych wywołuje zmniejszone wydzielanie hormonów tarczycy [34]. Odpowiednie spożycie jodu jest szczególnie ważne dla organizmu człowieka ze względu na jego udział w syntezie hormonów tarczycy, a w konsekwencji w regulacji wzrostu, rozwoju mózgu i aktywności metabolicznej, zwłaszcza u rozwijających się płodów, u niemowląt i dzieci [38]. Niestety poza wspomnianymi wcześniej drogami narażenia, nadchlorany występują we wszystkich płynach ustrojowych człowieka, w tym w mleku matki [32]. Uwzględniając zawartość nadchloranów w mlekach modyfikowanych stanowi to zwiększone ryzyko dla noworodków i niemowląt [40].

W Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. nie określono dopuszczalnego poziomu nadchloranu w środkach spożywczych [45], natomiast w 2014 r. panel CONTAM przyjął opinię naukową w sprawie zagrożeń dla zdrowia publicznego związanych z obecnością nadchloranu w żywności, szczególnie w owocach i warzywach [12]. W kolejnym roku wydane zostało zalecenie Komisji (UE) 2015/682 w sprawie monitorowania obecności nadchloranu w żywności [68]. W zaleceniu tym wskazano grupy produktów do monitorowania oraz najbardziej wiarygodną metodę oznaczania nadchloranu w żywności. Następnie w 2017 r. Urząd opublikował sprawozdanie dotyczące oceny narażenia na nadchloran z dietą w Europie, które następnie, wraz z podobnymi wnioskami końcowymi, zostało przeanalizowane przez panel CONTAM [14]. Konsekwencją tych działań było wydanie w 2020 r. Rozporządzenia Komisji (UE) nr 2020/685, które do obowiązującego rozporządzenia (WE) nr

Tabela 3. Najwyższe dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń środków spożywczych nadchloranem [52]
Table 3. The maximum permissible levels of contamination of foodstuffs with perchlorate [52]

Środek spożywczy / Foodstuff	Najwyższy dopuszczalny poziom / Maximum permissible level [mg/kg]
Owoce i warzywa, z wyjątkiem wymienionych / Fruit and vegetables, except for those mentioned	0,05
<i>Cucurbitaceae</i> i jarmuż / <i>Cucurbitaceae</i> and kale	0,10
Warzywa liściaste i zioła / Leafy vegetables and herbs	0,50
Herbata (<i>Camellia sinensis</i>), herbatki ziołowe i owocowe, składniki stosowane do herbatki ziołowych i owocowych (produkty suszone) / Tea (<i>Camellia sinensis</i>), herbal and fruit teas, ingredients for herbal and fruit teas (dried products)	0,75
Preparaty do początkowego i dalszego żywienia niemowląt, żywność specjalnego przeznaczenia medycznego dla niemowląt i małych dzieci, preparaty do żywienia małych dzieci / Preparations for initial and further infant feeding, food for special medical purposes for infants and young children, preparations for feeding young children	0,01
Żywność dla dzieci / Baby food	0,02
Przetworzona żywność na bazie zbóż / Processed grain-based food	0,01

1881/2006 dodało sekcję 9 „Nadchloran” [49]. W Rozporządzeniu tym uwzględniono najwyższe dopuszczalne poziomy dla takich produktów, jak warzywa i owoce, herbaty i produkty przeznaczone do żywienia niemowląt i małych dzieci. Zmiany te podtrzymano w obowiązującym najnowszym Rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 (Tabela 3) [52].

Podsumowanie

Dzięki postępowi w wielu dziedzinach nauki poszerzeniu ulega również wiedza na temat bezpieczeństwa żywności, substancji zanieczyszczających środki spożywcze i ich negatywnego wpływu na organizm człowieka. Wiedza ta znajduje odzwierciedlenie w regulacjach prawnych ograniczających występowanie niebezpiecznych substancji w żywności. Lista zagrożeń natury chemicznej jest cały czas otwarta i uzupełniana, a działania dotyczące oceny kolejnych substancji potencjalnie niebezpiecznych, a mogących znajdować się w żywności, są inicjowane przez odpowiednie instytucje sprawujące nadzór na bezpieczeństwem żywności. Odzwierciedleniem tych działań są zalecenia Komisji UE w sprawie monitorowania poziomów zanieczyszczeń żywności. Obecnie monitorowaniu w żywności podlega obecność śladów bromowanych opóźniaczy spalania [67], niklu [70], furanów i alkilofuranów [72], a także olejów mineralnych w żywności oraz w materiałach i wyrobach przeznaczonych do kontaktu z żywnością [71].

Literatura

- [1] Ahmed S.M., Noble B.N., Joya S.A., Hasan M.O.S.I., Lin P.-I., Rahman M.L., Mostofa G., Quamruzzaman Q., Rahman M., Christiani D.C., Kile M.L.: A Prospective Cohort Study Examining the Associations of Maternal Arsenic Exposure With Fetal Loss and Neonatal Mortality. *Am. J. Epidemiol.*, 2019, 188(2), 347-354.
- [2] An L., Sun W.: A Brief Review of Neurotoxicity Induced by Melamine. *Neurotox. Res.*, 2017, 32(2), 301-309.
- [3] Arce M.M., Sanllorente S., Ortiz M.C.: Kinetic models of migration of melamine and formaldehyde from melamine kitchenware with data of liquid chromatography. *J. Chromatogr. A*, 2019, 1599, 115-124.
- [4] Bansal R., Deobald L., Crawford R., Paszczyński A.: Proteomic detection of proteins involved in perchlorate and chlorate metabolism. *Biodegradation*, 2009, 20, 603-620.
- [5] Buzid A., Boertjes J., Gilchrist E.S., Glennon J.D., Luong J.H.T.: Analysis and electroanalysis of perchlorate in water and food samples: a critical review. *Anal. Methods*, 2023, 15, #3382.
- [6] Calderón R., Godoy F., Escudey M., Palma P.: A review of perchlorate (ClO₄⁻) occurrence in fruits and vegetables. *Environ Monit Assess.*, 2017, 189, #82.
- [7] Carnero A.R., Lestido-Cardama A., Loureiro P.V., Barbosa-Pereira L., Bernaldo de Quirós A.R., Sendón R. Presence of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food Contact Materials (FCM) and Its Migration to Food. *Foods* 2021, 10, #1443.

- [8] Chu C.Y., Wang C.C.: Toxicity of Melamine: The Public Health Concern. *J. Environ. Sci. Health, Part C*, 31, 4, 342-386.
- [9] Chung J.Y., Yu S.D., Hong Y.S.: Environmental Source of Arsenic Exposure. *J. Prev. Med. Pub. Health.*, 2014, 47(5), 253-257.
- [10] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 2009, 7(10), 1351.
- [11] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) and EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF): Scientific Opinion on Melamine in Food and Feed. *EFSA Journal*, 2010, 8(4), 1573.
- [12] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of perchlorate in food, in particular fruits and vegetables. *EFSA Journal*, 2014, 12(10), 3869.
- [13] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal*, 2014, 12(3), 3597.
- [14] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Scientific opinion on the dietary exposure assessment to perchlorate in the European population. *EFSA Journal*, 2017, 15(10), 5043.
- [15] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 2020, 18(9), 6223.
- [16] EFSA, Arcella D., Cascio C., Gómez Ruiz J.A.: Scientific report on the chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *EFSA Journal*, 2021, 19(1), 6380.
- [17] FAO/WHO Sprawozdanie z 33. sesji Wspólnego programu FAO i WHO dotyczącego standardów żywieniowych, Komisja Codex Alimentarius, Genewa, Szwajcaria, 5-9 lipca 2010 r. (ALINORM 10/33/REP).
- [18] Falandysz J., Taniyasu S., Yamashita N., Jécek L., Rostkowski P., Gulkowska A., Mostrąg A., Walczykiewicz B., Zegarowski L., Falandysz J., Zalewski K.: Związki perfluorowane w środowisku przyrodniczym, żywności i organizmie człowieka. *Roczniki PZH*, 2006, 57(2), 113-124.
- [19] Fattore E., Lanno A., Danieli A., Stefano S., Passoni A., Roncaglioni A., Bagnati R., Davoli E.: Toxicology of 3-monochloropropane-1,2-diol and its esters: a narrative review. *Archiv. Toxicol.*, 2023, 97(5), 1247-1265.
- [20] Gałkowska D., Pycia K., Kapuśniak K., Juszcak L.: Zanieczyszczenia żywności – charakterystyka i regulacje prawne. Część I – toksyny roślinne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2023, 4(137), 245-263.
- [21] Ganie S.Y., Javaid D., Hajam Y.A., Reshi M.S.: Arsenic toxicity: sources, pathophysiology and mechanism. *Toxicol. Res.*, 2024, 13, 1, #111.
- [22] Gawarska H., Sawilska-Rautenstrauch D., Starski A., Karłowski, K.: Występowanie 3 monochloropropano-1,2-diolu (3-MCPD) w produktach spożywczych. *Roczniki PZH*, 2009, 60(3), 213-216.
- [23] Grelik A., Kwiatek K.: Alkaloidy sporyszu – substancje niepożądane w paszach i materiałach paszowych. *Wiadomości Zootechniczne*, 2017, 3, 149-154.
- [24] Hamlet C.G., Sadd P.A., Crews C., Velišek J., Baxter D.E.: Occurrence of 3-chloro-propane-1,2-diol (3-MCPD) and related compounds in foods: A review. *Food Additiv. Contam.*, 2002, 19(7), 619-631.
- [25] Her N., Jeong H., Kim J., Yoon Y.: Occurrence of perchlorate in drinking water and seawater in South Korea. *Arch. Environ. Con. Tox.*, 2011, 61, 166-172.
- [26] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 3-Monochloro-1,2-propanediol. In IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans / World Health Organization. International Agency for Research on Cancer, 2013, 101, 9-549.

- [27] Ingelfinger J.R.: Melamine and the global implications of food contamination. *N. Engl. J. Med.*, 2008, 359(26), 2745-2748.
- [28] Issanov A., Adewusi B., Saint-Jacques N., Dummer T.J.B.: Arsenic in drinking water and lung cancer: A systematic review of 35 years of evidence. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2024, 483, #116808.
- [29] Jiang S., Li Y.-S., Sun B.: Determination of trace level of perchlorate in Antarctic snow and ice by ion chromatography coupled with tandem mass spectrometry using an automated sample on-line preconcentration method. *Chin. Chem. Lett.*, 2013, 24, 311-314.
- [30] Kannan K., Praamsma M.L., Oldi J.F., Kunisue T., Sinha R.K.: Occurrence of perchlorate in drinking water, groundwater, surface water and human saliva from India. *Chemosphere*, 2009, 76(1), 22-26.
- [31] Kaur R., Garkal A., Sarode L., Bangar P., Mehta T., Singh D.P., Rawal R.: Understanding arsenic toxicity: Implications for environmental exposure and human health. *J. Hazard. Mater. Lett.*, 2024, 5, #100090.
- [32] Kirk A.B., Kroll M., Dyke J.V., Ohira S., Dias R.A., Dasgupta P.K.: Perchlorate, iodine supplements, iodized salt and breast milk iodine content. *Sci. Total Environ.*, 2012, 420, 73-78.
- [33] Knutsen H.K., Alexander J., Barregård L., Bignami M., Brüschweiler B., Ceccatelli S., Cottrill B., Dinovi M., Edler L., Grasl-Kraupp B., Hoogenboom L., Nebbia C.S., Oswald I.P., Petersen A., Rose M., Roudot A.C., Schwerdtle T., Vleminckx C., Vollmer G., Wallace H, Lampen A, Morris I, Piersma A, Schrenk D, Binaglia M, Levorato S, Hogstrand C.: Scientific Opinion on the update of the risk assessment on 3-monochloropropane diol and its fatty acid esters. *EFSA Journal*, 2018, 16(1): 5083, 48.
- [34] Kumarathilaka P., Oze Ch, Indraratne S.P., Vithanage M.: Perchlorate as an emerging contaminant in soil, water and food. *Chemosphere*, 2016, 150, 667-677.
- [35] Le X.Ch., Lu X., Li X.-F.: Arsenic Speciation. *Anal. Chem.*, 2004, 76, 1, 26 A-33A.
- [36] Lebelo K., Malebo N., Mochane M.J., Masinde M.: Chemical Contamination Pathways and the Food Safety Implications along the Various Stages of Food Production: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, #5795.
- [37] Li Q., Song P., Wen J.: Melamine and food safety: a 10-year review. *Curr. Opin. Food Sci.*, 2019, 30, 79-84.
- [38] Maffini M.V., Trasande L., Neltner T.G.: Perchlorate and Diet: Human Exposures, Risks, and Mitigation Strategies. *Curr. Envir. Health Rpt.*, 2016, 3, 107-117.
- [39] Nurchi V.M., Buha Djordjevic A., Crisponi G., Alexander J., Bjørklund G., Aaseth J.: Arsenic Toxicity: Molecular Targets and Therapeutic Agents. *Biomolecules*, 2020, 10(2), 235.
- [40] Panseri S., Nobile M., Arioli F., Biolatti C., Pavlovic R., Chiesa L.M.: Occurrence of perchlorate, chlorate and polar herbicides in different baby food commodities. *Food Chem.*, 2020, 330, #127205.
- [41] Poghosyan A., Sturchio N.C., Morrison C.G., Beloso A.D., Guan Y., Eiler J.M., Jackson W.A., Hatzinger P.B.: Perchlorate in the Great Lakes: isotopic composition and origin. *Environ. Sci. Technol.*, 2014, 48, 11146-11153.
- [42] Puschner B., Reimschuessel R.: Toxicosis Caused by Melamine and Cyanuric Acid in Dogs and Cats: Uncovering the Mystery and Subsequent Global Implications. *Clin. Lab. Med.*, 2011, 31(1), 181-199.
- [43] Rajpoot M., Bhattacharya R., Sharma S., Gupta S., Sharma V., Sharma A.K.: Melamine contamination and associated health risks: Gut microbiota does make a difference. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 2021, 68, 1271-1280.
- [44] Rehman M.U., Khan R., Khan A., Qamar W., Arafah A., Ahmad A., Ahmad A., Akhter R., Rinklebe J., Ahmad P.: Fate of arsenic in living systems: Implications for sustainable and safe food chains. *J. Hazard Mater.*, 2021, 417, #126050.

- [45] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz.U. L364/5, 20.12.2006.
- [46] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 594/2012 z dnia 5 lipca 2012 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych zanieczyszczeń ochratoksyną A, polichlorowanymi bifenylami o działaniu niepodobnym do dioksyn i melaminą w środkach spożywczych. Dz.U. L176/43, 6.7.2012.
- [47] Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1006 z dnia 25 czerwca 2015 r. zmieniające Rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów nieorganicznego arsenu w środkach spożywczych. Dz.U. L161/14, 26.6.2015.
- [48] Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1940 z dnia 28 października 2015 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów przetrwalników buławinki czerwonej w niektórych nieprzetworzonych zbożach oraz w odniesieniu do przepisów dotyczących monitorowania i sprawozdawczości. Dz.U. L283/3, 29.10.2015.
- [49] Rozporządzenie Komisji (UE) 2020/685 z dnia 20 maja 2020 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów nadchloranu w niektórych środkach spożywczych (Dz.U. L160/3, 25.5.2020).
- [50] Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1399 z dnia 24 sierpnia 2021 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów przetrwalników buławinki czerwonej i alkaloidów sporyszu w niektórych środkach spożywczych. Dz.U. L301/1, 25.8.2021.
- [51] Rozporządzenie Komisji (UE) 2022/2388 z dnia 7 grudnia 2022 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów substancji perfluoroalkilowych w niektórych środkach spożywczych. Dz.U. L316/38, 8.12.2022.
- [52] Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. Dz.U. L119/103, 5.5.2023.
- [53] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 24 lipca 2012 r. w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy (Dz.U. 2012 poz. 890).
- [54] Sabbagh, S.: Arsenic contamination in rice, radiation and chemical methods of measurement, and implications for food safety. *J. Food Sci. Technol.*, 2023, 60, 1870-1887.
- [55] Schiff P.L.: Ergot and Its Alkaloids. *Am. J. Pharma. Edu.*, 2006, 15, 70(5), 98.
- [56] Shi X., Dong R., Chen J., Yuan Y., Long Q., Guo J., Li S., Chen B.: An assessment of melamine exposure in Shanghai adults and its association with food consumption. *Environ. Int.*, 2020, 135, #105363.
- [57] Singh R., Singh S., Parihar P., Singh V.P., Prasad S.M.: Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: A review. *Ecotox. Environ. Saf.*, 2015, 112, 247-270.
- [58] Smith P.N., Severt S.A., Jackson W.A., Anderson T.A.: Thyroid function and reproductive success in rodents exposed to perchlorate via food and water. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2006, 25, 1050-1059.
- [59] Syed Putra, S.S., Basirun W.J., Elgharbawy A.A.M., Hayyan M., Al Abdulmonem W., Aljohani A.S.M., Hayyan A.: 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD): a review on properties, occurrence, mechanism of formation, toxicity, analytical approach and mitigation strategy. *J. Food Measur. Character.*, 2023, 17(4), 3592-3615.
- [60] Thompson L.A., Darwish W.S.: Environmental Chemical Contaminants in Food: Review of a Global Problem. *J. Toxicol.*, 2019, #2345283.
- [61] Walczak M., Kwiatek K.: Sporysz jako źródło niebezpiecznych alkaloidów w zbożowych materiałach żywnościowych i paszowych. *Życie Weterynaryjne*, 2015, 90(4), 242-243.

- [62] Wan Y., Wu Q., Abualnaja K.O., Asimakopoulos A.G., Covaci A., Gevao B., Johnson-Restrepo B., Kumosani T.A., Malarvannan G., Moon H.-B., Nakata H., Sinha R.K., Minh T.B., Kannan K.: Occurrence of perchlorate in indoor dust from the United States and eleven other countries: Implications for human exposure. *Environ. Int.*, 2015, 75, 166-171.
- [63] Ye L., You H., Yao J., Kang X., Tang L.: Seasonal variation and factors influencing perchlorate in water, snow, soil and corns in Northeastern China. *Chemosphere*, 2013, 90(10), 2493-2498.
- [64] Zachara A., Galkowska D., Juszcak L.: Contamination of Tea and Tea Infusion with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2018, 15, #45.
- [65] Zalecenie Komisji z dnia 15 marca 2012 r. w sprawie monitorowania występowania alkaloidów sporyszu w paszy i żywności. *Dz.U. L 77/20*, 16.3.2012.
- [66] Zalecenie Komisji z dnia 15 marca 2012 r. w sprawie monitorowania substancji perfluoroalkilowych w żywności. *Dz.U. L 68/21*, 18.3.2010.
- [67] Zalecenie Komisji (UE) z dnia 3 marca 2014 r. w sprawie monitorowania śladów bromowanych opóźniaczy spalania w żywności. *Dz.U. L 65/39*, 5.3.2014.
- [68] Zalecenie Komisji (UE) 2015/682 z dnia 29 kwietnia 2015 r. w sprawie monitorowania obecności nadchloranu w żywności. *Dz.U. L 111/32*, 30.4.2015.
- [69] Zalecenie Komisji (UE) 2015/1381 z dnia 10 sierpnia 2015 r. w sprawie monitorowania występowania arsenu w żywności. *Dz.U. L 213/9*, 12.8.2015.
- [70] Zalecenie Komisji (UE) 2024/907 z dnia 22 marca 2024 r. w sprawie monitorowania obecności niklu w żywności. *Dz.U. L 2024.907*, 26.3.2024.
- [71] Zalecenie Komisji (UE) 2017/84 z dnia 16 stycznia 2017r. w sprawie monitorowania węglowodorów olejów mineralnych w żywności oraz w materiałach i wyrobach przeznaczonych do kontaktu z żywnością. *Dz.U. L 12/95*, 17.1.2017.
- [72] Zalecenie Komisji (UE) 2022/495 z dnia z dnia 25 marca 2022 r. w sprawie monitorowania obecności furanu i alkilofuranów w żywności *Dz.U. L 100/60*, 28.3.2022.
- [73] Zalecenie Komisji (UE) 2022/1431 z dnia 24 sierpnia 2022 r. w sprawie monitorowania substancji perfluoroalkilowych w żywności. *Dz.U. L 221/105*, 26.8.2022.
- [74] Zheng X., Zhao A., Xie G., Chi Y., Zhao L., Li H., Wang C., Bao Y., Jia W., Luther M., Su M., Nicholson J.K., Jia W.: Melamine-induced renal toxicity is mediated by the gut microbiota. *Sci. Transl. Med.*, 2013, 5, 172ra22.
- [75] Zhou Y., Zhou Z., Lian Y., Sun X., Wu Y., Qiao L., Wang M.: Source, transportation, bioaccumulation, distribution and food risk assessment of perfluorinated alkyl substances in vegetables: A review. *Food Chem.*, 2021, 349, #129137.
- [76] Zhu H., Kannan K.: Melamine and cyanuric acid in foodstuffs from the United States and their implications for human exposure, *Environ. Int.*, 2019, 130, #104950.

FOOD CONTAMINATION – CHARACTERISTICS AND LEGAL REGULATIONS.


PART II

S u m m a r y

Background: Appropriately shaped food law and food safety policy pursued by European Union institutions, covering all stages of the food chain, are intended to guarantee consumers safe food and access to appropriate information related to food safety, including withdrawals of dangerous products. In addition to microbiological threats, chemical threats are a key issue, including: mycotoxins, plant toxins, heavy metals, persistent halogenated organic pollutants, process pollutants and others. The original legal act estab-

lishing maximum levels of certain contaminants in foodstuffs was Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006, which, after numerous amendments, was repealed and replaced by Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023. The first part of the work characterized plant toxins including erucic acid, tropane and pyrrolizidine alkaloids and opium alkaloids, hydrogen cyanide and cyanogenic glycosides, and delta-9-tetrahydrocannabinol equivalents as food contaminants. The aim of the second part of this study was to characterize other food contaminants, the maximum permissible levels of which were introduced by amendments to Regulation EC 1881/2006 and included in the current EU Regulation 2023/915.

Results and conclusions: Numerous amendments to Regulation 1881/2006 and, consequently, Regulation 2023/915, in addition to the maximum permissible levels of plant toxin residues, have introduced the highest permissible levels for red valgus spores and ergot alkaloids – in the category of mycotoxins, for arsenic – in the category of metals and other elements, for perfluoroalkyl substances – in the group of persistent halogenated organic pollutants, for the sum of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) and 3-MCPD fatty acid esters, expressed as 3-MCPD and glycidyl fatty acid esters, expressed as glycidol – in the process pollutant category and for melamine and perchlorate, classified as other pollutants. The list of chemical hazards is, of course, not exhaustive and, in accordance with the recommendations of the European Commission, the traces of brominated flame retardants, the presence of nickel, hydrocarbons of mineral oils and the presence of furan and alkylfurans in food are subject to monitoring.

Keywords: food safety, food contamination, process contamination, 3-MCPD 

IRYNA SIMONOVA, BOHDAN TSIZH, ULIANA DRACHUK,
BOHDAN HALUKH, IRYNA BASARAB, HALYNA KOVAL,
ROSTYSLAV VOLOSHYN, LIUDMYLA PESHUK

THE UTILIZATION OF NEW TYPES OF MARINADES BASED ON FRUIT RAW MATERIAL FOR USE IN THE TECHNOLOGY OF SEMI-FINISHED RABBIT MEAT

S u m m a r y

Background. All over the world, rabbit meat is in consumer demand for its excellent nutritional properties, well-balanced amino acid composition, high content of minerals and vitamins. One of the stages of technological processing of semi-finished products from rabbit meat is the technological process of pickling, which ensures the formation of the necessary technological and consumer properties of raw materials, as well as finished products. The use of viburnum juice and sea buckthorn puree can act as a promising source of raw materials for marinating meat semi-finished products.

Results and conclusions. Two samples of marinades were produced: based on viburnum juice and sea buckthorn puree. It was established that the optimal amount of salt for use in the marinade is 10 %, which ensures the production of dietary meat products with a low salt content of 2.2 %. The most favorable for sensory sensations in marinades will be the amount of viburnum juice of 20 % and sea buckthorn puree of 30 % will be the most favorable for sensory sensations in marinades. The optimal time for keeping rabbit meat in a marinade based on viburnum juice and sea buckthorn puree is 12 days, because during this time the marinade has the best effect on the structure of the meat fibers, it becomes soft and tender. Marinating semi-finished rabbit meat in these marinades increases the ability of the meat to bind water, which reduces losses during heat treatment and they are 40.62 and 44.83 % (3rd day), 39.34 and 42.78 % (9th day), 38.97 and 39.57 % (12th day).

Keywords. Marinades, viburnum, sea buckthorn, semi-finished products, rabbit meat

Dr inż. I. Simonova ORCID: 0000-0001-8775-219X, Katedra Technologii Mięsa, Mięśnych i Olejowo-Tuszczowych Wytrobów, Wydział Technologii Żywności i Biotechnologii, Lwowski Narodowy Uniwersytet Medycyny Weterynaryjnej i Biotechnologii im. S.Z. Gżyckiego, ul. Pekarska 50, 79010 Lwów, Ukraina; dr hab. inż., Prof. UKW B. Tsih ORCID: 000-0002-1319-1016, Katedra Materiałów Konstrukcyjnych i Biomateriałów, Wydział Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, ul. Chodkiewicza 30, 85-064, Bydgoszcz; dr inż. U. Draczk ORCID: 0000-0002-2737-5967; dr inż. B. Halukh ORCID: 0000-0002-7824-4983; dr inż. I. Basarab ORCID: 0000-0002-5487-2790; dr H. Koval ORCID: 0000-0002-7120-9253; Dr R. Voloshyn ORCID: 0009-0002-6819-6196, Katedra Technologii Mięsa, Mięśnych i Olejowo-Tuszczowych Wytrobów, Wydział Technologii Żywności i Biotechnologii, Lwowski Narodowy Uniwersytet Medycyny Weterynaryjnej i Biotechnologii im. S.Z. Gżyckiego, ul. Pekarska 50, 79010 Lwów, Ukraina; dr hab., Prof. L. Peshuk ORCID: 0000-0002-0967-8892, Katedra Technologii Żywności, Narodowy Uniwersytet Olesia Honczara Dnipro, Aleja Gagarina, 72, 49000 Dnipro, Ukraina. Kontakt e-mail: tsizhb@ukw.edu.pl

Introduction

Meat has always been and will be the primary irreplaceable source of animal proteins, biologically active substances, and one of the most demanded food products. Modern approaches to creating meat products are modeling organoleptic and technological indicators, resulting in a food product acceptable to the modern consumer [11].

All over the world, rabbit meat is in consumer demand for its excellent nutritional properties, well-balanced amino acid composition, and high content of minerals and vitamins. The saturated fatty acids and cholesterol content are not high in rabbit meat [14]. The muscle fibers of rabbit meat are characterized by good digestibility due to the thin fiber structure of the muscle fiber. Therefore, such meat is considered a valuable dietary product with no contraindications to consumption [9]. In the period 2010 ÷ 2020, global rabbit meat production decreased by 24.1 %. A great reduction in rabbit meat production was observed in Europe (-41.2 %), while increases occurred in Africa (+23.5 %). China and the Democratic People's Republic of Korea are the top two producers [22].

Since meat and meat products are a suitable environment for the development of bacteria, yeasts and molds that deteriorate its quality and cause spoilage, manufacturers are increasingly using various methods of processing and preserving meat to inactivate or inhibit the growth of microorganisms to preserve its organoleptic indicators, extending the product's shelf life and ensuring its quality and safety.

One of the stages of the technological processing of semi-finished products from rabbit meat is pickling. Pickling is used to produce semi-finished pork, beef and poultry products. The marinade is a liquid or dry mixture of spices, salt and acid. Salt and acid are the main marinade components that affect the technological characteristics, organoleptic properties and output. First, these components give the product specific organoleptic and technological properties [5]. In addition to salt, marinades include spices, herbs, flavorings, enzymes and vegetable oil. Today, marinating meat products is often used to extend their shelf life [12].

Rabbit meat has high protein content, low fat content, a high percentage of unsaturated fatty acids, and low cholesterol and sodium levels. Rabbit meat has relatively higher energy values (899 kJ/100 g in the forelegs and 603 kJ/100 g in the loin), which is equivalent to that of many types of red meat typically consumed. This is because of its high protein contents, which provide 80 % of the total energy of the human diet. Therefore, rabbit meat is highly recommended for pregnant women, adolescents and aged people [22].

Marinades based on pomegranate and grape juices are well-known for poultry. In particular, studies by Gök and Bor [12] established that the use of marinades affects the reduction of the hardness of turkey meat after heat treatment. Balmaceda et al. [4] investigated the influence of marinades based on mustard and wine with spices on rabbit

meat, namely the change in the total number of anaerobic psychrotrophic microorganisms, yield, color, pH, texture and sensory characteristics. They established that pickling with mustard and wine with spices makes it possible to get products with high organoleptic indicators and desirable physicochemical and microbiological characteristics [4]. However, the influence of viburnum juice and sea buckthorn puree in marinades on rabbit meat is poorly studied, which determines the relevance of this research.

The pickling process, together with salting, ensures the formation of the necessary technological (moisture-binding capacity, elasticity, resistance to destruction, tenderness) and consumer (taste, aroma, color, consistency) properties of raw materials, in particular rabbit meat, as well as finished products [21].

Among many dietary supplements available on the market, many countries prefer supplements that include natural ingredients. The use of food acids in the product regulates the pH of the food system during production. Food acids, interacting with the components of raw materials, give the product a pleasant specific taste and aroma and partially break down proteins and fats, which gives the products a delicate structure and a spicy taste [19].

The fruit of plants can be promising raw materials for the development of new types of marinades since they include organic acids and substances characterized by antioxidant properties, and this, in turn, will contribute to the production of trendy products, including for young people, with improved organoleptic properties and extended shelf life-storage [21]. Fruit raw materials claim the status of eco-products since they grow without using various pesticides, hence they can be an alternative and safe raw material for producing new food products, particularly marinades [16].

Common viburnum (*Viburnum opulus*), widespread in Europe, deserves special attention. Viburnum fruit contains carbohydrates (sucrose, fructose, glucose, mannose, galactose, xylose, rhamnose, arabinose, polysaccharides, pectin), organic acids; triterpenoids (α -amyrin and β -amyrin derivatives, oleanolic and hederagenic acids and their acetyl derivatives, ursolic acid), steroids (β -sitosterol); vitamins C, carotenoids, phenolic acids and their derivatives (chlorogenic, neochlorogenic, derivatives of *n*-dihydroxycinnamic acid), tannins; catechins; flavonoids (quercetin, kaempferol, peonaside), anthocyanins (sambucin); higher fatty acids (myristic, palmitic, stearic, oleic, linoleic, linolenic, arachinic, behenic, lignoseric, cerotic) [15, 17, 20].

Sea buckthorn fruit (*Hippophae rhamnoides L.*) consists of pulp (68 %), seeds (23 %) and skin (7.75 %). Its moisture content ranges from 80 to 87 %. Carotenoids found in the fruit – 0.02 %: phytofluin, β -carotene, γ -carotene, poly-cis-lycopene B, lycopene, zeaxanthin, neocarotene, lutein, cryptoxanthin, isocryptoxanthin, violaxanthin, neoxanthin; vitamins: C – up to 270 mg %, E, B1, B2, B6, B9, B12, K1; carbohydrates and related compounds – 1 ÷ 3.26 %: glucose – 1.27 ÷ 1.8 %, fructose – 0.71 ÷ 2.33 %, sucrose – 0.07 ÷ 0.3 %, pectin – 0.15 ÷ 5.5 %, polysaccharides – 2.5 %;

cyclitols: quebrachite – 0.35 %; organic acids – 1.04 ÷ 4.46 %: malic, oxalic, tartaric; triterpenoids: ursolic acid – 1.34 ÷ 1.6 %, oleanolic acid; phenolic acids and their derivatives (chlorogenic); flavonoids: isorhamnetin, rutin, 3-rutinoside of isorhamnetin, 3-O- β -D-glucopyranoside and 3-O- β -D-glucopyranosido-7-O- α -L-L-rhamnopyranoside of isorhamnetin, quercetin, myricetin; catechins; leucoanthocyanins; tannins – 0.025 ÷ 0.53 %; higher fatty acids; nitrogen-containing compounds: betaine; macro- and microelements: K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, B, J. The fruit contains fatty oil – 1.89 ÷ 13.7 %, which includes palmitoleic, palmitic, oleic, linoleic glycerides, linolenic and other fatty acids; steroids – 2.4 ÷ 2.6 %: β -sitosterol, stigmasterol; vitamins: E, K1, carotenoids; phospholipids – 1 ÷ 1.8 %, in the hydrolyzate – lecithin, cephalin, triacylglycerols [3, 24].

Taking into account the chemical and vitamin content of the viburnum and sea buckthorn fruit described above, adding it to rabbit meat marinades can significantly improve the taste of ready-made products, will enrich the chemical composition of finished products, improve technological and organoleptic indicators, and extend the shelf life.

Therefore, the purpose of our research was to find the optimal technology for making marinades based on viburnum juice and sea buckthorn puree for the production of semi-finished products from rabbit meat. In this regard, to solve the goal set, it is necessary to perform the following tasks:

- to establish the optimal amount of salt to be used in marinades, which will ensure obtaining dietary meat products with a low salt content;
- to determine the optimal concentration of viburnum juice and sea buckthorn puree in marinades;
- to establish the term of keeping semi-finished products from rabbit meat in marinades and its effect on changes in moisture retention capacity and moisture loss during the heat treatment of semi-finished products from rabbit meat.

Materials and methods

Rabbit meat (carcasses and their parts) was used for the research [23]. A 200 g sample was chosen. To determine the amount of NaCl and fruit raw materials in the marinades, a control sample (K) was prepared (dorsal-lumbar part of the rabbit, to which NaCl solution was added in concentrations from 8 to 12 % and 2 g of citric acid, dry spicy-aromatic plants (thyme – 0.1 %, motherwort – 0.1 %, rosemary – 0.1 %, basil – 0.1 %), and experimental samples: marinade based on viburnum juice (MV) (back-lumbar part of the rabbit, to which NaCl was added in concentrations from 8 to 12 % and 2 g of citric acid, viburnum juice, in concentrations from 10 to 40 %, dry spicy-aromatic plants (thyme – 0.1 %, motherwort – 0.1 %, rosemary – 0.1 %, basil – 0.1 %), and a marinade based on sea buckthorn puree (MB) (back-lumbar part of a rabbit to

which NaCl was added in concentrations from 8 to 12 % and 2 g of citric acid, sea buckthorn puree in concentrations from 10 to 40 %, dry spicy-aromatic plants (thyme – 0.1 %, motherwort – 0.1 %, rosemary – 0.1 %, basil – 0.1 %).

The influence of viburnum juice and sea buckthorn puree in marinades on changes in organoleptic parameters was studied based on a sensory analysis. The experimental samples of ready-made semi-finished products from rabbit meat aged in marinades with viburnum juice and sea buckthorn puree in the amounts from 10 to 40 % were evaluated using the following parameters: appearance, consistency, smell, aroma, taste, juiciness of the experimental samples after heat treatment. The tasting commission comprised seven members of the Department of Technology of Meat, Oil and Fat Products of the Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv members.

Organoleptic tests were performed before and after heat treatment. Heat treatment of semi-finished products from rabbit meat in the "Agro-term" oven: they were baked at a temperature of 110 ± 1 °C for 90 minutes until the temperature in the center of the products reached 76 ± 1 °C. It was cooled with cold air to a temperature of 8 °C.

The viburnum juice-based marinade was prepared as follows: The berries were freed from the bunch and frozen at a temperature of 18 °C to remove saponin glycosides that affect the taste. Next, the raw material was thawed at 20 °C and pressed (the pressure of 25 kPa, the thickness of the berry layer equal to 50 mm). The marinade was prepared on a water basis, and 20 % viburnum juice was added. The marinade contained also salt, sugar, peppermint leaves, cardamom, dried ground onion, spices (black pepper – 0.1 %, cinnamon – 0.1 %, sweet paprika – 0.1 %), dry spicy-aromatic plants (thyme – 0.1 %, motherwort – 0.1 %, rosemary – 0.1 %, basil – 0.1 %), citric acid was added as a preservative. After mixing the marinade components, they were pasteurized at a temperature of 80 °C for 10 minutes.

The marinade based on sea buckthorn puree was prepared from a water-based frozen semi-finished product. As was the case with the first marinade, 30 % of thawed sea buckthorn puree, salt, sugar, lemon balm herb, spices and spicy-aromatic plants were added to water.

Viburnum is grown and harvested in the Lviv region, Lviv district, Velyka Kalynka village. Frozen sea buckthorn puree was purchased from Fruityland LLC Mint leaves and lemon balm herbs were purchased from "Liktravy". The relevant documents for the products confirm the quality and safety of the raw materials and meet the requirements of regulatory documents regarding the content of toxic elements and radionuclides; according to microbiological indicators, it does not exceed permissible levels.

Purified water was used to prepare the marinades, rock salt, white crystalline sugar, citric acid, ground black pepper, ground red pepper, sweet paprika, basil, oregano, onion, garlic dried, ground, rosemary, cloves, cinnamon, cardamom.

The mass fraction of salt was determined using the Mohr's method. To do this, 5 g of the test sample was transferred to a 250 cm³ volumetric flask, 100 cm³ of distilled water was added, heated to 40 °C for 45 minutes, and cooled to a temperature of 20 °C. A 5 ÷ 10 cm³ filtrate was put into a 150 cm³ flask, to which a 0.5 cm³ portion of potassium chromic acid solution was added, and titration was carried out with silver nitrate solution. The mass fraction of salt was calculated using the formula:

$$X = \frac{0.00292 \times K \times V1 \times 100 \times 100}{V \times m} [\%]$$

where 0.00292 – the amount of sodium chloride equivalent to 1 cm³ of 0.05 mol/dm³ of silver nitrate solution, g/cm³; *K* is the correction factor to the titer of 0.05 mol/dm³ of silver nitrate solution; 100 – the volume to which the test sample is diluted, cm³; 100 is a percentage conversion factor; *V1* – volume of filtrate taken for titration, cm³; *V* is the volume of 0.05 mol/dm³ silver nitrate solution used for the titration of the test sample, cm³; *m* – mass of the studied sample, g.

The hydrogen index in raw materials and products was determined using the standard method. Approximately 5 g of homogenized sample was used to directly measure pH. The pH was measured with a pH meter (Edge HI2020, Hanna Instruments, Germany).

The method employed to determine the moisture-retaining capacity of meat consists in preparing a 300 mg meat sample weighed on an analytical balance with accuracy to the third digit. The weight was placed on a pre-weighed circle made of polyethylene film and transferred to an ashless paper filter so that the sample lay on the filter. The filter with the sample was placed between two Plexiglas plates. A weight of 1 kg was placed on the surface of the plate. The duration of pressing was 10 minutes. After the specified time, the upper plate was replaced with a heavy one, and on the filter, the contour of the stain around the pressed meat and the contour of the general stain along the limit of moisture distribution were traced with a pencil. The areas of both wet spots were determined with a planimeter at least three times, and the average values were used to reduce a statistical error. Next, the high-quality meat was calculated using the formula:

$$MRC = \frac{(A - 8.4 \times S)}{M} \times 100 [\%]$$

where MRC is the moisture-retaining capacity of meat in percent; *A* – total amount of moisture in the meat sample in mg; $A = \frac{300 \times B}{100}$; *B* – 100 mass fraction of moisture in meat in percent, the value of which is obtained independently according to chemical analysis data with 30 high accuracy – up to 0.01 %); 8.4 is a constant obtained experi-

mentally, it means the amount of moisture retained in 1 cm³ of the filter; S – wet spot area in cm²; M is the mass of meat in the sample (300 mg with an accuracy of 1 mg).

The mass fraction of moisture was determined using the method of drying in a drying cabinet at a temperature of 100 ÷ 105 °C. In a pre-weighed box, a crushed portion of the product under study weighing 3 ÷ 5 g was placed and dried in an oven at 100 ÷ 105 °C. Drying was stopped when the difference between the last two weighings did not exceed 0.001 g. The final result was the arithmetic mean of 2 ÷ 3 parallel determinations. Calculations were made using the formula:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \text{ [%]}$$

where X – mass fraction of moisture, %; m_1 – mass of the sample before drying; m_2 – mass of the sample after drying; m_0 is the weight of the weight.

To determine the absorption of the marinade by the meat, the test samples were immersed in the marinade and kept for 3 to 15 days. Each test sample was weighed before and after pickling. After keeping the samples in the marinade, they were taken out and kept for 10 min to remove excess marinade. The absorption of the marinade was calculated according to the formula:

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \text{ [%]}$$

where m_1 – a mass of the sample in the marinade; m_0 is the mass of the sample before pickling.

A mass loss after the formula determined heat treatment:

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \times 100 \text{ [%]}$$

where m_1 is the mass of the sample in the marinade; m_0 is the mass of the sample in the marinade after heat treatment.

To determine the number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms, each meat sample selected for research is freed from visible fat and connective tissue and brought for 2 ÷ 3 minutes in ethyl alcohol and burned from the surface. Using sterile scissors, 2 × 1.5 × 2.5 cm pieces are cut and carefully ground together to produce an average sample. Next, a 1.0 ÷ 2.0 g crushed sample is weighed and 9.0 ÷ 8.0 cm³ isotonic sodium chloride solution is poured and homogenized with an electric homogenizer or ground in a sterile mortar with sterile sand., A 0.5 cm³ portion is taken from the resulting meat suspension with a sterile pipette and placed in a test tube with 9.5 cm³ of an isotonic sodium chloride solution (at the same time, a 1:10 dilution is obtained). A 0.5 cm³ suspension is placed in sterile Petri dishes: in the first dish – undiluted, and in the second one – a suspension diluted in a ratio of 1:10. Subsequently, following the generally accepted method, 10 ÷ 15 cm³ of meat peptone agar

(MPA) melted and cooled to 45 °C is poured into Petri dishes, mixed by gently shaking the dish and placed on a flat surface for solidification. After that, 4 ÷ 5 cm³ of cold agar is poured onto the surface of the solidified MPA medium. The crops are placed in a thermostat for 72 hours at a temperature of 30 °C and the number of colonies that have grown on the medium is counted. The number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms in 1 g of meat is determined by multiplying the number of colonies by 36 dilutions. The final result is taken as the arithmetic mean obtained in all Petri dishes.

The statistical processing of data was carried out using the ANOVA module, as well as correlation-regression analysis methods. The research was carried out in five repetitions. The models obtained and their coefficients were assessed for reliability using the Fisher's and Student's statistical criteria: with the help of Fisher's F-criterion, the adequacy of the regression model to the initial data was checked; parameters were evaluated for statistical probability using the Student's criterion.

Results and their discussion

During the research, we prepared marinades with a salt concentration of 8 %, 10 % and 12 % to determine their optimal amount, which does not affect the quality deterioration during storage and ensures the appropriate organoleptic indicators of finished products. In addition, NaCl suppresses the growth of microorganisms while storing meat products and regulates water activity, osmotic pressure and electrolyte balance [6]. According to Halenur et al. [13], NaCl is an essential additive in meat processing, and salt is added from 1.1 g salt/100 g in sausages to 4.6 g salt/100 g in such sausage products as salami [13]. The dependence of the NaCl content in experimental samples of rabbit meat depending on concentration of the solution NaCl in the marinade (ω_{NaCl}) is presented in the figure (Fig. 1).

When 8 % salt is added to the marinade, its mass fraction in the finished product is 1.9 %. There needs to be more than this amount, as this affects the taste indicator. When 10 % salt is added to the marinade, its mass fraction in the finished product increases to 2.2 %. At the same time, as determined by the tasting analysis, a pleasant, moderately salty taste is felt. When adding 12 % salt to the marinade, the product's mass fraction increases to 2.6 %. In terms of taste, the products have a noticeable aftertaste of salt and a less noticeable aftertaste of meat and spices. Therefore, the best amount of salt to use in the marinade is 10 %, and the mass fraction in the product is 2.2 %.

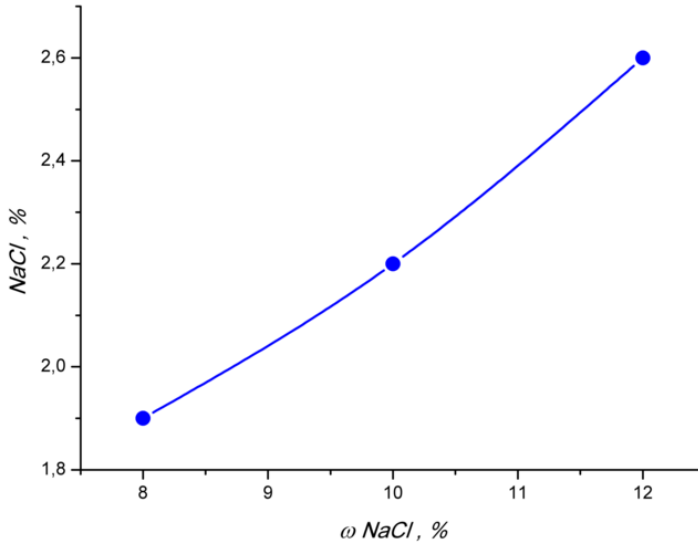


Figure 1. NaCl content in rabbit meat test samples depending on the concentration of the NaCl (ωNaCl) solution in the marinade

Rycina 1. Zawartość NaCl w próbkach mięsa króliczego w zależności od stężenia roztworu NaCl (ωNaCl) w marynacie

Salts, organic acids, fruit and vegetables, beverages (carbonated water, wine, etc.), enzymes, vinegar and combinations of these substances are usually used as marinades in pickling. Using viburnum juice and sea buckthorn puree in marinades and citric acid instead of vinegar makes it possible to obtain a finished product having a delicate consistency, in which all the food components that increase the biological and nutritional value of the product will be preserved. Meat quality is determined by several organoleptic parameters, including color, taste, juiciness and consistency [13], and various factors influence it.

The optimal concentration of viburnum juice and sea buckthorn puree in the marinade was determined by processing experimental samples of rabbit meat with the content of the proposed ingredients 10, 20, 30 and 40 % of the total weight of the marinade. The research results were based on the organoleptic indicators studied, namely, smell, aroma, taste and juiciness, which are the most important in determining the possibility of using raw fruit materials. The amount of viburnum juice and sea buckthorn puree was set based on the influence on organoleptic indicators, of which the smell, aroma, taste and juiciness of the products were selected as the most important. It was established that the products marinated in the viburnum juice-based marinade in the amount of 10 % had an insufficient smell and aroma, the taste was watery and not satu-

rated, there was a slight bitterness, the juiciness of the finished products was not sufficient, the meat was dry and, to some extent, hard (Fig. 2).

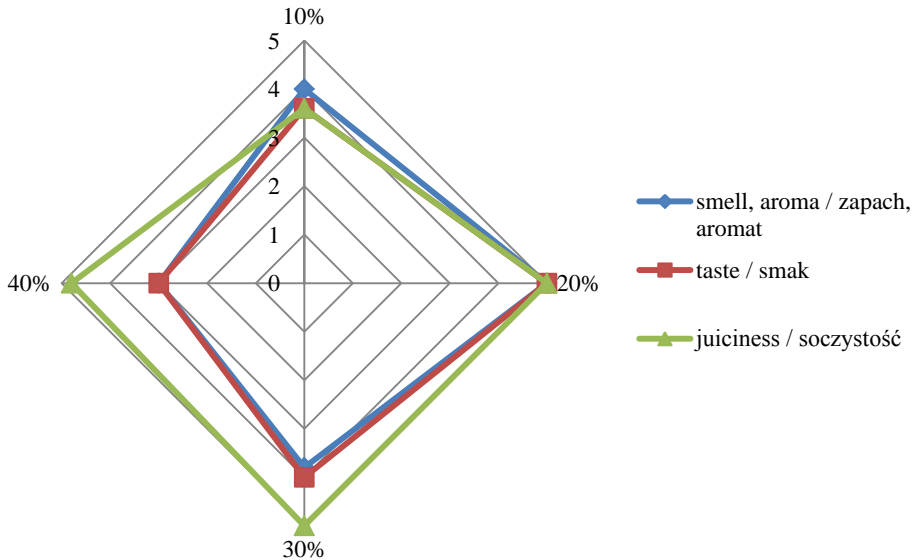


Figure 2. Profigram of organoleptic indicators of rabbit meat with different contents of viburnum juice in marinades

Rycina 2. Profigram wskaźników organoleptycznych mięsa króliczego z różną zawartością soku kaliny w marynatach

When viburnum juice is used in the marinade in the amount of 20 %, the smell and aroma of meat improve significantly. This is manifested in the characteristic smell of rabbit meat disappearing and the meat being saturated with the smell characteristic of viburnum. The taste of meat is delicate, with a characteristic aftertaste of viburnum, which does not spoil the overall impression and does not adversely impact the inherent taste of meat. The juiciness of meat is high; it is tender and soft, with a pleasant appearance. When viburnum juice is added to a marinade at 30 %, there is a deterioration in smell, aroma and taste. The amount of viburnum significantly affects these indicators, causing the bitter taste and rich aroma of viburnum. However, meat is quite juicy and tender. When viburnum juice is used in a marinade at 40 %, the smell and aroma significantly deteriorate, and an aftertaste is not characteristic of meat. Therefore, as found through the organoleptic evaluation, the maximum viburnum juice in a marinade is 20 %.

The marinade's amount of sea buckthorn puree was also determined based on organoleptic indicators (Fig. 3).

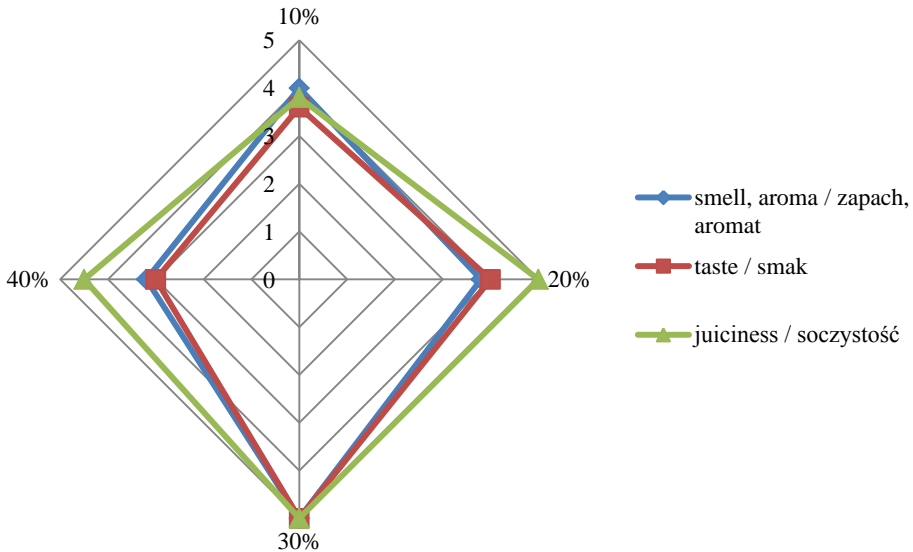


Figure 3. Profilogram of organoleptic indicators of rabbit meat with different contents of sea buckthorn puree in marinades

Rycina 3. Profilogram wskaźników organoleptycznych mięsa króliczego z różną zawartością przecieru rokitnikowego w marynatach

The use of sea buckthorn puree in a marinade in the amounts of 10 % and 20 % is insufficient since the smell and aroma of the finished product are not fully expressed, and the characteristic taste of rabbit meat is felt. However, using sea buckthorn puree in the amount of 20 % affects juiciness – meat is tender and soft. Using sea buckthorn puree at 30 % makes it possible to obtain a product that satisfies organoleptic indicators. The taste of sea buckthorn is practically not felt – the smell characteristic of rabbit meat disappears, which can cause unpleasant sensations in most consumers. The use of sea buckthorn puree in the amount of 40 % worsens the smell and aroma due to the intense feeling of the smell of sea buckthorn, affecting the deterioration of the taste and causing its acidity. Therefore, the optimal amount of sea buckthorn puree in marinades is 30 %.

Marinated semi-finished products from rabbit meat without heat treatment were characterized by their inherent appearance. The samples with viburnum-based marinade were rich red, and the samples based on sea buckthorn puree were orange. This is due to the presence of coloring substances in the fruits. Experimental samples of semi-finished products from rabbit meat before and after heat treatment are shown in Figs. 4 ÷ 9.



Figure 4. Control before heat treatment
Rycina 4. Kontrola przed obróbką cieplną



Figure 5. Rabbit meat after aging in viburnum fruit juice marinade before heat treatment

Rycina 5. Mięso królicze dojrzewające w marynacie z soku kaliny przed obróbką cieplną



Figure 6. Rabbit meat after aging in a marinade based on sea buckthorn fruit puree before heat treatment

Rycina 6. Mięso królicze po dojrzewaniu w marynacie na bazie puree z owoców rokitnika przed obróbką cieplną



Figure 7. Control after heat treatment
Rycina 7. Kontrola po obróbce cieplnej

As a result of the organoleptic evaluation of rabbit meat after heat processing, it was established that viburnum juice in the amount of 20 % and sea buckthorn puree – 30 % are considered the most appropriate components in marinades since it is at this range that the maximum effect of a marinade is achieved, obtaining a delicate product without deterioration of organoleptic indicators.

Moisture retention capacity is one of the most essential technological characteristics that affect the quality and yield of meat and meat products. This indicator was studied on the sixth day since this is the average time of optimal aging of the test samples in marinades. Along with this indicator, we determined the salt content in the



Figure 8. Rabbit meat in viburnum fruit juice marinade after heat treatment

Rycina 8. Mięso królicze w marynacie z soku kaliny po obróbce cieplnej



Figure 9. Rabbit meat in marinade based on sea buckthorn fruit puree after heat treatment

Rycina 9. Mięso królicze w marynacie na bazie puree z owoców rokitnika po obróbce cieplnej

Table 1. Physico-chemical and functional and technological indicators of semi-finished products from rabbit meat ($M \pm sd$, $n = 5$)

Tabela 1. Wskaźniki fizykochemiczne i funkcjonalno-technologiczne półproduktów z mięsa króliczego ($M \pm sd$, $n = 5$)

Indicator [%] / Wskaźnik [%]	The name of the experimental sample / Nazwa próbki doświadczalnej		
	K	MV	MB
Mass fraction of moisture / Udział masowy wilgoci	72.5 ± 0.08	$75.8 \pm 0.09^{***}$	$73.2 \pm 0.1^{***}$
Mass fraction of salt / Udział masowy soli	2.4 ± 0.09	2.3 ± 0.07	2.2 ± 0.07
Moisture-retaining capacity / Zdolność zatrzymywania wilgoci	57.18 ± 0.10	$61.46 \pm 0.07^{***}$	$59.73 \pm 0.09^{***}$

Explanatory notes / Objasnienia:

K – control sample / próbka kontrolna; MV – experimental sample: marinade based on viburnum juice / próbka eksperymentalna: marynata na bazie soku kaliny; MB – experimental sample: marinade based on sea buckthorn puree / próbka eksperymentalna: marynata na bazie puree z rokitnika

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared within one row /

Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkę porównywano w obrębie jednego rzędu

product. The results are presented in Table 1. The moisture-retaining capacity of the control sample is lower than that of the sample of semi-finished rabbit meat in a mari-

nade based on viburnum juice by 7.5 %, and semi-finished rabbit meat in a marinade based on sea buckthorn puree – 4.5 %.

Mass fraction, salt and moisture retention capacity are closely related. The mass fraction of moisture increases in the presence of salt, and the moisture-binding capacity increases due to the moisture content in the products. Salt affects rabbit meat's moisture-binding capacity by increasing myofibrillar proteins' solubility.

As expected, treatment with marinades based on viburnum juice and sea buckthorn puree using 10 % NaCl solution causes a significant increase in the moisture-binding capacity of experimental meat samples. These changes are explained by the contribution of table salt to a stronger dissociation of acid groups, in contrast to amino groups, which shift the isoelectric point of proteins towards lower pH values [2]. Adding 20 % viburnum juice and 30 % sea buckthorn puree to the marinade increased this indicator by 61.5 % and 59.8 % compared to the control sample. It should be noted that the pH value of meat is a determining factor of moisture-binding capacity [8].

The following studies aimed to establish the shelf life of semi-finished products in marinades. The test samples were stored refrigerated at a temperature of $+2 \div 4$ °C for 15 days. The following were determined: pH, absorption of marinade by meat and losses as a result of heat treatment. One of the food acids primarily used in marinating meat is acetic acid, characterized by antimicrobial and antioxidant properties [7]. However, acetic acid increases the marinade's acidity, affects the meat's texture during the marinating process and changes color. Hence, the marinating time of the meat is mostly $30 \div 180$ minutes at a temperature of $4 \div 8$ °C [25]. Our research offers semi-finished products from rabbit meat treated with viburnum and sea buckthorn fruit marinades containing organic acids. Acetic acid was replaced with citric acid to provide a gentler preservative effect.

The aging of rabbit meat in marinades based on viburnum juice and sea buckthorn puree was carried out for 15 days. It was established that the pH of meat from 3 to 9 days increases from 5.38 to 5.8 – in sample No. 1, based on viburnum juice, and from 5.35 to 5.9 – in the sample based on sea buckthorn. On the 12th day, the pH of the experimental samples increased to 6.81 and 6.92, respectively, which may indicate the beginning of the meat spoilage process (Table 2).

The pH value is an important parameter that affects meat's physico-chemical, biochemical, technological and microbiological characteristics and changes during storage. The pH value slightly increased throughout the marinating period in all meat samples due to the accumulation of alkaline nitrogenous compounds such as amines and ammonia resulting from enzymatic reactions and the action of microorganisms.

Rabbit meat marinated in the marinade based on viburnum juice showed the lowest pH values during the entire period – 7.23 ($p < 0,001$). The highest pH values were determined in the control sample, which was 7.98 (day 15). Several reasons cause the

pH of meat to change, such as microbial activity and an acidic marinade. A higher concentration of organic acids leads to a decrease in the pH of meat. During the treatment of meat with acid solutions, the product becomes more challenging due to the removal of broth [1].

Table 2. pH of test samples of semi-finished products from rabbit meat ($M \pm sd$, $n=5$)

Tabela 2. pH badanych próbek półproduktów z mięsa króliczego ($M \pm sd$, $n=5$)

Days of keeping meat semi-finished products in marinades / Dni przetrzymywania półproduktów mięsnych w marynatach	pH (control) / pH (kontrola)	pH (sample №1 MV) / pH (próbka nr 1 MV)	pH (sample №2 MB) / pH (próbka nr 2 MB)
0	5.11±0.08	4.76±0.1*	4.5±0.1**
3	5.92±0.1	5.38±0.08**	5.35±0.1**
6	6.23±0.09	5.44±0.1***	5.48±0.09***
9	6.82±0.1	5.8±0.08***	5.9±0.08***
12	7.34±0.1	6.81±0.08**	6.92±0.1*
15	7.98±0.1	7.23±0.07***	7.34±0.09**

Explanatory notes / objaśnienia:

sample №1 MV – experimental sample: marinade based on viburnum juice / próbka eksperymentalna: marynata na bazie soku kaliny; sample №2 MB – experimental sample: marinade based on sea buckthorn puree / próbka eksperymentalna: marynata na bazie puree z rokitnika

Note: statistically significant differences were taken into account compared to the control group: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Samples were compared within one row / Uwaga: uwzględniono różnice istotne statystycznie w porównaniu z grupą kontrolną: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$. Próbkę porównywano w obrębie jednego rzędu

The optimal time for keeping rabbit meat in a marinade based on viburnum juice and sea buckthorn puree is 12 days because, during this time, the effect of the marinade on the structure of the meat fibers is achieved, it becomes soft and tender, and spoilage processes do not begin. The reliability coefficient of the results is 0.94 (for the sample in the marinade based on viburnum juice) and 0.96 (for the sample in the marinade based on sea buckthorn puree).

The change in pH, the absorption of the marinade by meat and losses after cooking, as well as the development of microorganisms in the test samples are related to each other. After 3 days of marinating, the pH of the test samples was 5.38 (sample 1) and 5.35 (sample 2), at which time the absorption of the marinade was the greatest, compared to the control: sample 1 – 40.65, sample 2 – 44.83. Preserving experimental samples of rabbit meat in a marinade for more than 12 days leads to the development of microorganisms that can cause spoilage processes and pose a threat to the life and

health of consumers. Therefore, the optimal time for marinating rabbit meat is from 3 to 12 days.

Furthermore, research into rabbit meat in marinades was carried out according to microbiological indicators during the process of marinating at temperatures of $0 \div 2^\circ\text{C}$ for 0, 3, 9 and 12 days, in order to confirm its quality and safety. During this period, the development of the number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms was observed.

Table 3. Indicator of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms of rabbit meat in marinades, colonies of forming units (CFU) in 1 g

Tabela 3. Wskaźnik obecności mikroorganizmów mezofilnych tlenowych i fakultatywnie beztlenowych mięsa króliczego w marynatach, kolonie jednostek tworzących (CFU) w 1 g

Days of keeping meat semi-finished products in marinades / Dni przetrzymywania półproduktów mięsnych w marynatach	control / kontrola	sample №1 MV / próbka nr 1 MV	sample №2 MB / próbka nr 2 MB
0	1.2×10^2	1.5×10^2	1.4×10^2
3	2.8×10^2	2.8×10^2	2.9×10^2
9	4.1×10^3	7.6×10^2	6.9×10^2
12	8.1×10^3	3.3×10^3	3.5×10^3

Explanatory notes / objaśnienia:

sample №1 MV – experimental sample: marinade based on viburnum juice / próbka eksperymentalna: marynata na bazie soku kaliny; sample №2 MB – experimental sample: marinade based on sea buckthorn puree / próbka eksperymentalna: marynata na bazie puree z rokitnika

The number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms (NMAFAnM) in the control sample is 2.8×10^2 after 3 days of storage, 4.1×10^3 after 9 days and 8.1×10^3 CFU in 1 g of product after 12 days. The total bacterial insemination of experimental samples of semi-finished products from rabbit meat in a marinade based on viburnum juice and sea buckthorn puree is significantly smaller than in the control sample on the 3rd day – 2.8×10^2 and 2.9×10^2 , on the 9th day – 7.6×10^2 and 6.9×10^2 and on the 12th day – 3.3×10^3 and 3.5×10^3 CFU in 1 g of product.

The results of our research are consistent with the results of Balmaceda et al. [4]. The development of microflora occurs most intensively in the control sample, compared to the experimental ones. This can be explained by the fact that raw materials used in the recipes of marinades contain phenolic compounds that have an inhibitory action on the growth of microorganisms. In addition, flavonoid compounds, including rutin, quercetin present in viburnum berries, exhibit antimicrobial activity against various strains of bacteria.

Organic acids in marinades allow more moisture to be absorbed during pickling and reduce losses during heat treatment [18]. Marinades based on viburnum juice and sea buckthorn puree do not cause excessive broth release during heat treatment, hence the finished products retain a delicate and soft structure.

The influence of the marinade type on the marinade's absorption by the meat and losses as a result of heat treatment of the experimental samples is shown in Fig. 10.

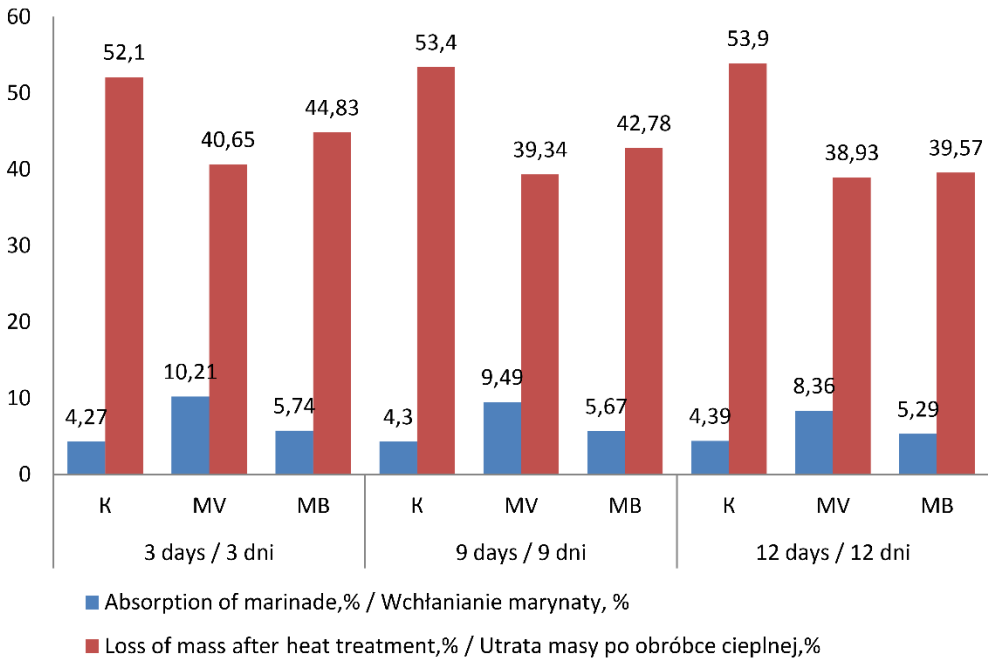


Fig. 10. Absorption of marinade by meat and losses as a result of heat treatment [%]

Rys. 10. Wchłanianie marynaty przez mięso i straty w wyniku obróbki cieplnej [%]

Explanatory notes / objaśnienia:

K – control sample / próbka kontrolna; MV – experimental sample: marinade based on viburnum juice / próbka eksperymentalna: marynata na bazie soku kaliny; MB – experimental sample: marinade based on sea buckthorn puree / próbka eksperymentalna: marynata na bazie puree z rokitnika

Higher marinade absorption was observed for the sample processed with viburnum juice-based marinade at 10.2 %, while marinade absorption based on sea buckthorn puree was 5.7 %. On the 9th and 12th day, absorption by the meat sample of the marinade based on viburnum juice was 9.49 % and 8.36 %, and the samples in the marinade based on sea buckthorn puree were 5.7 % and 5.3 %. Such results also depend on the pH of a marinade, the one which is based on viburnum juice – 2.92 and sea

buckthorn – 2.32. When semi-finished rabbit meat is kept in marinade for 12 days, moisture is released, associated with weakening intermuscular fiber protein bonds.

Loss of meat during heat treatment of baking is an essential organoleptic, technological and economic parameter. The leading cause of losses is a decrease in moisture [10]. As can be seen (Fig. 10), pickling semi-finished products using viburnum juice increased the ability of meat to bind water, which reduces losses while cooking. The control sample received the most significant losses during heat treatment – 52.1 %. In pickling, the structure of muscle fibers is weakened, and accordingly, the release of moisture increases. This can be observed on the control sample after heat treatment, which was kept in the marinade for 9 and 12 days.

Losses during heat treatment depend on the quality of raw meat, temperature and a cooking method. Mass losses after heat treatment in samples based on viburnum juice and sea buckthorn puree are 40.62 and 44.83 % (3rd day), 39.34 and 42.78 % (9th day), 38.97 and 39.57 % (12th day).

The pickling process has different effects on the value of losses during the heat treatment of test samples. Our further research will determine the maximum shelf life of semi-finished products made of rabbit meat aged in marinades based on fruit raw materials. It also includes a study into the impact of methods and types of packaging on the compliance of semi-finished products with safety indicators following regulatory documents.

Conclusions

1. The most suitable amount of salt to be used in a marinade is 10 %. At the same time, the mass share of salt in products is 2.2 %, which will ensure the production of dietary meat products with a low salt content. When adding salt to a marinade, 8 % is insufficient and affects the taste indicator; products are not salted. Adding 12 % salt to a marinade leaves a noticeable taste of salt and a less noticeable taste of meat and spices.
2. As a result of conducting organoleptic studies on products after heat treatment, it was established that the most favorable for sensory sensations in marinades is the amount of viburnum juice at 20 %, sea buckthorn puree at 30 %, since it is in this range that the maximum effect of a marinade is achieved, obtaining a delicate product without deterioration of organoleptic indicators.
3. The optimal time for holding rabbit meat in a marinade based on viburnum juice and sea buckthorn puree is 12 days because, during this time, the marinade's effect on the meat fibers' structure is achieved; it becomes soft and tender. Marinating semi-finished rabbit meat in marinades based on viburnum juice and sea buckthorn puree increases the ability of the meat to bind water, which reduces losses during heat treatment. Such results are affected by using 10 % NaCl solution and organic

acids in fruit raw materials. Mass losses after heat treatment in experimental samples of semi-finished products from rabbit meat in marinades based on viburnum juice and sea buckthorn puree are 40.62 and 44.83 % (3rd day), 39.34 and 42.78 % (9th day), 38.97 and 39.57 % (12th day).

Acknowledgment

We want to express our gratitude for the support in writing the article and assistance in conducting the management and staff of the State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medicines and Feed Additives, Lviv, Ukraine.

References

- [1] Aguilera J.M., Stanley D.W.: *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*. Springer Science & Business Media, Berlin/Heidelberg, Germany, 1999.
- [2] Augusty'nska-Prejsnar A., Ormian M., Hanus P., Kluz M., Sokołowicz Z., Rudy M.: Effects of marinating breast muscles of slaughter pheasants with acid whey, buttermilk, and lemon juice on quality parameters and product safety. *J. Food Qual.*, 2019, 1, 1-8.
- [3] Bal L.M., Meda V., Naik S.N., Satya S.: Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals. *Food Res. Int.*, 2011, 44, 1718-1727.
- [4] Balmaceda F.G., Chacón-Villalobos A., Pineda-Castro M.L.: Characterization of rabbit meat marinated in mustard and white wine with spices. *Agronomía Mesoamericana.*, 2023, 34(3), 1-18.
- [5] Bunruk B., Siripongvutikorn S., Sutthirak P.: Combined effect of garlic juice and sa-tay marinade on quality changes of oyster meat during chilled storage. *Food Nutr. Sci.*, 2013, 4, 690-700.
- [6] Chang H.J., Wang Q., Zhou G.H., Xu X.L., Li CB: Influence of weak organic acids and sodium chloride marination on characteristics of connective tissue collagen and textural properties of beef semitendinosus muscle. *J Texture Stud.*, 2010, 41(3), 279-301.
- [7] Chen H., Chen T., Giudici P., Chen F.: Vinegar functions on health: Constituents, sources, and formation mechanisms. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2016, 15, 1124-1138.
- [8] Choe J., Kim H.Y.: Comparison of three commercial collagen mixtures: Quality characteristics of marinated pork loin ham. *Food Sci. Anim. Resour.*, 2019, 39, 345-353.
- [9] Dalle Zotte A., Szendrő Z.: The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci.*, 2011, 88, 319-331.
- [10] Del Pulgar J.S., Gázquez A., Ruiz-Carrascal J.: Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Sci.*, 2012, 90, 828-835.
- [11] Font-i-Furnols M., Guerrero L.: Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Sci.*, 2014, 98, 361-371.
- [12] Gök V., Bor Y.: Effect of marination with fruit and vegetable juice on the some quality characteristics of turkey breast meat. *Rev. Bras. Ciênc. Avíc.*, 2016, 18, 481-488.
- [13] Halenur F., Emel O., Sadettin T., Charalampos P., Fatih O.: The effects of the marination process with different vinegar varieties on various quality criteria and heterocyclic aromatic amine formation in beef steak. *Foods*, 2022, 11, #3251.
- [14] Jumayi H.A., Allam A.Y., El-Beltagy A. El-Dein, Algarni E.H., Mahmoud S. F., Halim Kandil A.A.: Bioactive Compound, Antioxidant, and Radical Scavenging Activity of Some Plant Aqueous Extracts for Enhancing Shelf Life of Cold-Stored Rabbit Meat. *Antioxidants.*, 2022, 11, 1056, 1-15.

- [15] Kajszczyk D., Zaklos-Szyda M., Podszędek A.: *Viburnum opulus* L. – A Review of Phytochemistry and Biological Effects. *Nutrients.*, 2020, 12(11), #3398.
- [16] Kasianchuk V.D., Kovach M.M., Kasianchuk M.V.: Prospects for the use of wild fruits, berries and mushrooms in the Carpathian region for the production of products for medical and preventive purposes. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy.*, 2013, 23(7), 151-156.
- [17] Kraujalytė V., Venskutonis P. R., Pukalskas, A., Česonienė L., Daubaras R.: Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. *Food Chem.*, 2013, 141(4), 3695-3702.
- [18] Patriani P., Hafid H.: The Effectiveness of Gelugur acid (*Garcinia atroviridis*) Marinade on the Physical Quality of Culled Chicken Meat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak.*, 2021. 160(2), 105-116.
- [19] Peshuk L.V., Simonova I.I.: Prospects for using extractive oils of spicy-aromatic raw materials in the technology of formed semi-finished products. *Santific Messenger of LNU Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series Food Thecnology.*, 2021, 23(96), 33-36.
- [20] Polka D., Podszędek A., Koziolkiewicz M.: Comparison of Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Fruit, Flower and Bark of *Viburnum opulus*. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2019, 74(3), 436-442.
- [21] Sarwar A.K.M., Inam M., Suzauddu1 St. Cerc. St.: Physicochemical properties evaluation of marinated lamb meat from different production systems. *CICBIA.*, 2021, 22 (2), 177-190.
- [22] Siddiqui S. A., Gerini F., Ikram A., Saeed F., Feng X., Chen Y.: Rabbit Meat-Production, Consumption and Consumers' Attitudes and Behavior. *Sustainability.*, 2023, 15, 1-13.
- [23] Unice Standard - 2013. Rabbit meat – carcasses and cuts. *NowYork, Zheneva.*
- [24] Wei E., Yang R., Zhao H., Wang P., Zhao S., Zhai W.: Microwave-assisted extraction releases the antioxidant polysaccharides from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, 123, 280-290.
- [25] Yusop S.M., O'Sullivan M.G., Kerry J.F., Kerry J.P.: Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat Sci.*, 2010, 85, 657-663.

WYKORZYSTANIE NOWYCH RODZAJÓW MARYNAT NA BAZIE SUROWCÓW OWOCOWYCH W TECHNOLOGII PÓLPRODUKTÓW KRÓLICZYCH

Streszczenie

Wprowadzenie. Mięso królicze cieszy się dużym zainteresowaniem konsumentów na całym świecie ze względu na jego doskonałe właściwości odżywcze, dobrze zbilansowany skład aminokwasowy, wysoką zawartość składników mineralnych i witamin. Jednym z etapów technologicznego przetwarzania półproduktów z mięsa króliczego jest proces technologiczny marynowania, który zapewnia ukształtowanie niezbędnych właściwości technologicznych i konsumenckich surowców i produktów gotowych. Zastosowanie soku z kaliny i puree z rokitnika może być obiecującym źródłem surowców do marynowania półproduktów mięsnych.

Wyniki i wnioski. Wyprodukowano dwie próbki marynat: na bazie soku z kaliny i puree z rokitnika. Ustalono, że optymalna ilość soli stosowanej w marynacie wynosi 10 %, co zapewnia produkcję dietetycznych wyrobów mięsnych o niskiej zawartości soli wynoszącej 2,2 %. Najbardziej korzystna dla wrażeń sensorycznych w marynatach będzie zawartość soku z klina wynosząca 20 % i puree z rokitnika – 30 %. Optymalny czas przechowywania mięsa króliczego w marynacie na bazie soku kaliny i puree z rokitnika to 12 dni, gdyż w tym czasie marynata najlepiej oddziałuje na strukturę włókien mięsa, staje się ono

miękkie i delikatne. Marynowanie półproduktów króliczych w tych marynatach zwiększa zdolność mięsa do wiązania wody, co zmniejsza straty podczas obróbki cieplnej i wynoszą one 40,62 i 44,83 % (dzień 3), 39,34 i 42,78 % (dzień 9), 38,97 i 39,57 % (12 dzień).

Słowa kluczowe: marynaty, kalina, rokitnik zwyczajny, półprodukty, mięso królicze 

EMILIA JANISZEWSKA-TURAK, NATALIA MUSIELIK

WPLYW STĘŻENIA NaCl W ZALEWIE NA STRUKTURĘ I TEKSTURĘ KISZONEGO BURAKA ŻÓŁTEGO

Streszczenie

Wprowadzenie. Warzywa poddane procesowi fermentacji na skutek działania bakterii mlekowych oraz wymiany masy zmieniają teksturę oraz strukturę. Celem pracy było zbadanie wpływu stężenia soli w solance na zawartość suchej masy, teksturę, stopień związania wody i strukturę buraków żółtych fermentowanych z użyciem dedykowanego szczepu *Latiplantibacillus plantarum* ATCC4080. Buraki, pokrojone w kostkę, zostały poddane fermentacji mlekowej w solance o stężeniu soli 0, 1, 2, 3, 4, 5 oraz 6 %. Fermentacja była monitorowana w dniach 0., 4., 6., 8., 11. oraz 60. Po 11 dniach procesu obniżono temperaturę z 30 do 25 °C, traktując czas 49 dni jako okres przechowywania w wyższej niż tradycyjnie temperaturze. W próbkach oceniano zawartość suchej masy, teksturę, strukturę wewnętrzną oraz stopień wiązania wody w komórkach buraka.

Wyniki i wnioski. Analiza wyników wykazała wpływ zarówno czasu fermentacji jak i dodatku soli w zalewie na parametry tekstury i strukturę. Proces fermentacji spowodował obniżenie zawartości suchej masy w tkance, niezależnie od użytego stężenia soli w solance. Próbkę fermentowaną w 4 ÷ 6-procentowej solance wykazywały najmniejsze zmiany w teksturze w porównaniu ze świeżymi burakami. Ponadto w przypadku tych próbek zaobserwowano usztywnienie tkanek. W miarę kontynuowania procesu fermentacji widoczny był spadek jędrności, elastyczności, spoistości i żujności. Wykazano związek ilości soli w zalewie ze stanem związania wody w tkance. Analiza struktury wewnętrznej wykazała także, iż kostki buraka fermentowane w solance 2- i 3-procentowej nie były pozapadane, co widoczne było dla buraka z 0- i 1-procentową solanką. Czas przechowywania zdecydowanie obniżył twardość i żujność próbek, niezależnie od stężenia soli w zalewie.

Słowa kluczowe: burak ćwikłowy żółty, struktura, tekstura, sól

Wprowadzenie

Fermentowanie surowców pochodzenia roślinnego i nie tylko, jest jedną z najstarszych praktyk przetwarzania i utrwalania żywności, stosowaną od czasów starożytnych. Proces ten pozwala głównie na konserwowanie surowców, czyli przedłużenie ich

trwałości oraz modyfikację cech organoleptycznych. Fermentowaną żywność definiuje się jako „żywność lub napoje wytwarzane w wyniku kontrolowanego wzrostu drobnoustrojów i konwersji składników żywności w wyniku działania enzymów”. Obecnie wytwarzanie kiszonek jest coraz bardziej popularne ze względu na uzyskiwane po procesie dodatkowe cenne właściwości prozdrowotne tych produktów. Dodatkowo, fermentowane warzywa i owoce odgrywają istotną rolę w codziennej diecie ludności na wszystkich kontynentach [1, 6, 22].

Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L.) to warzywo popularne na całym świecie, które jest cenione za swoje właściwości prozdrowotne oraz wielostronne zastosowanie. Zawdzięcza to zawartości związków aktywnych (m. in. betalain, polifenoli) oraz niskiej zawartości cukrów. Jednakże w burakach ćwikłowych występują także związki, których należy unikać w pożywieniu. Wadamori i wsp. [30] wykazali, iż obniżenie pH podczas fermentacji miało wpływ na proporcje rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych szczawianów w fermentowanym produkcie. Finalnie prowadziło to do zwiększenia zawartości rozpuszczalnych szczawianów w fermentującej mieszance. Szczawiany te mogą być wykorzystane przez bakterie beztlenowe, stanowiące dużą część biomasy fermentacyjnej [30]. Wygląd buraków jest różny w zależności od ich odmiany. Może być kulisty lub stożkowy oraz charakteryzować się różną barwą na przekroju, tj. czerwoną, żółtą, białą lub z widocznymi pierścieniami białymi i czerwonymi występującymi naprzemiennie (odmiana Chioggia). Żółta odmiana zawiera nieznacznie mniej białka i węglowodanów niż czerwona (odpowiednio 1,81 % i 8,28 %) oraz jest bogatsza w błonnik pokarmowy (2,74 %). Ponadto burak żółty charakteryzuje się wyższą zawartością składników mineralnych takich jak wapń, magnez oraz mangan. Dodatkowo zastosowanie procesu fermentacji w przypadku buraków kiszonych przyczynia się do podniesienia ich ogólnej atrakcyjności spożywczej [14, 18, 23, 29].

W procesie fermentacji produktów spożywczych dużą rolę odgrywa dodatek soli kuchennej (NaCl). W użyciu codziennym służy ona do stabilizowania produktów warzywnych i niektórych owocowych. W procesie fermentacji sól zatrzymuje rozwój mikroorganizmów odpowiedzialnych za proces psucia, jak drożdże i pleśnie rodzaju *Aspergillus* oraz *Penicillium* [17]. Sól może być dodawana w postaci stałej lub jako roztwór solanki w różnych stężeniach, a jej dodatek zależy przede wszystkim od rodzaju surowca, który ulega przetwarzaniu oraz tego jaki efekt końcowy chce się osiągnąć. Jednakże zbyt wysoka zawartość NaCl (> 10 %) może osłabiać wartość odżywczą materiału oraz hamować aktywność enzymów podczas fermentacji. Dodatkowo nadmierna ilość soli w solance może zapoczątkować proces odwadniania osmotycznego, któremu towarzyszy wymiana składników między tkanką roślinną i zalewą. Zjawisko to pomaga w utrwaleniu warzyw poprzez hamowanie rozwoju mikroorganizmów i aktywności enzymów [4, 5, 25, 29].

Ocena sensoryczna żywności jest kluczowym elementem decydującym o jej akceptacji przez konsumentów, a istotnym czynnikiem wpływającym na tę ocenę jest tekstura produktu. Cechy tekstury często decydują o właściwościach kulinarnych. Definicja tekstury obejmuje kompleksowy opis uwzględniający aspekty strukturalne, mechaniczne, wzrokowe, słuchowe i dotykowe. Ze względu na to obecne urządzenia do pomiaru tekstury skupiają się na określonych parametrach fizycznych istotnych dla oceny sensorycznej. Tekstura jawi się więc jako złożona właściwość, wynikająca z różnorodności strukturalnej na poziomie molekularnym, mikroskopowym i makroskopowym. Obejmuje ona cechy takie jak elastyczność, twardość, wilgotność i wytrzymałość, zależne od specyfiki danego produktu spożywczego [2].

Błonnik pokarmowy jest kluczowym składnikiem znajdującym się w komórkach roślin. Przetwarzanie żywności, które skutkuje przemianami w substancjach błonnikowych, może mieć znaczący wpływ na smak owoców i warzyw. Podczas obróbki cieplnej włókna celulozowe ulegają procesowi nieznacznego pęcznienia, podczas gdy hemicelulozy mogą ulegać pęcznieniu lub rozpuszczaniu w środowisku obojętnym lub kwaśnym. Temperatura ma również wpływ na tkanki roślinne, powodując ich zmięczenie poprzez przekształcenie protopektyny w pektynę i jednoczesne osłabienie ścian komórkowych. Nadmierne ogrzanie może prowadzić do rozpadu tkanek, szczególnie widocznego w przypadku bulw ziemniaków, choć warzywa korzeniowe, jak burak ćwikłowy, dzięki grubszym błonom komórkowym, są mniej podatne na ten proces [15].

Fermentacja w procesie kiszenia warzyw zmienia nie tylko trwałość i smak produktów, ale również ma wpływ na strukturę i teksturę produktu. W przypadku kiszenia buraków odmiany żółtej proces ten może mieć istotne znaczenie dla składników aktywnych oraz tekstury. Istnieje szereg badań na temat procesu kiszenia warzyw, w tym buraków, jednakże badania te nie obejmują oceny wpływu soli na właściwości teksturalne i strukturalne. Niewiele jest także badań odmiany żółtej buraka ćwikłowego. Celem pracy było zbadanie wpływu stężenia soli w solance na zawartość suchej masy, teksturę, stopień związania wody i strukturę buraków żółtych fermentowanych z użyciem dedykowanego szczepu *Lactiplantibacillus plantarum* ATCC4080. Postawiono zatem hipotezę badawczą, iż ilość dodanej soli w solance oraz czas fermentacji będą miały wpływ na teksturę i strukturę kiszonego surowca oraz stan związania wody w tkance.

Material i metody badań

Materiał badawczy stanowiła żółta odmiana buraka ćwikłowego Golden (*Beta vulgaris* L. *subsp. vulgaris*) uprawiana w Holandii, sprowadzona do Polski, a zakupiona w sklepie internetowym. Do zaszczepienia użyto bakterii *Lactiplantibacillus plantarum* ATCC4080 (szczep z kolekcji Katedry Mikrobiologii i Biotechnologii Żywności

Instytutu Nauk o Żywności SGGW w Warszawie). Zastosowana w badaniach sól (NaCl) była czystości cz.d.a (Chempur, Piekary Śląskie, Polska).

Inokulum przygotowano w soli fizjologicznej. Pobrano materiał biologiczny bakterii kwasu mlekowego (LAB – Lactic Acid Bacteria) - szczep *Lactiplantibacillus plantarum* ATCC4080 i ustalono gęstość optyczną na 0,5 °McF w skali McFarlanda (Densimat, BioMerieux), co odpowiada w przybliżeniu 1×10^8 (jtk/cm³). Następnie przeprowadzono rozcieńczenie dziesiętne, a do procesu fermentacji zastosowano inokulum zawierające około 1×10^7 jtk/cm³.

Wolny od uszkodzeń i śladów zepsucia surowiec został umyty, osuszony, obrany i pokrojony w kostkę (1 x 1 cm). W kolejnym etapie dla wybranych dni prowadzenia procesu (4, 6, 8, 11 i 60 dni) przygotowywano osobne słoje z surowcem. W tym celu 250 g buraków umieszczano w słojach o pojemności 500 ml, dodawano 200 g roztworu wody z solą (solanka) w stężeniach 0, 1, 2, 3, 4, 5 i 6 % oraz zaszczepiono w ilości 1 % m/v przygotowanym inokulum bakteryjnym. Po dodaniu inokulum słoje były szczelnie zamykane, aby uniknąć kontaktu z powietrzem. Fermentacja buraków prowadzona była w temperaturze 30 °C. Po 11 dniach procesu obniżono temperaturę z 30 do 25 °C, traktując czas 49 dni jako okres przechowywania w wyższej niż tradycyjnie temperaturze. Aby zapewnić powtarzalność, dwa powtórzenia doświadczenia nastawiono w tym samym czasie, dzięki czemu była możliwość użycia buraków z tej samej partii.

Świeże buraki oraz część buraków fermentowanych z każdego dnia badań były liofilizowane w celu utrwalenia tkanki do badań struktury wewnętrznej (badanie z użyciem mikroskopu skaningowego oraz mikrotomografu). Kostki buraka zamrażano w temperaturze -40°C (Zamrażarka szokowa HCM 51.20, Irinox, Treviso, Włochy) przez 5h. Następnie prowadzono proces liofilizacji przez 24 h w liofilizatorze ALPHA 1-4 (Christ, Osterode, Niemcy) przy temperaturze półki grzewczej 25 °C i stałym ciśnieniu 63 Pa. Ciśnienie bezpieczeństwa ustawiono na 103 Pa. Analizy wykonywano w trzech powtórzeniach, chyba że zaznaczono inaczej.

Suchą masę w buraku surowym oraz w kiszoncek bezpośrednio po procesie kiszenia oraz po procesie liofilizacji oznaczano metodą grawimetryczną. Do naczynek wagowych odważano około 1 g rozdrobnionego produktu. Suszenie próbek wykonano w suszarce próżniowej (Memmert VO400, Schwabach, Niemcy) pod ciśnieniem 10 mPa w temperaturze 75 °C przez 24 h do uzyskania stałej masy.

Do określenia tekstury buraków surowych i fermentowanych zastosowano analizę profilu tekstury (TPA). TPA przeprowadzono przy użyciu analizatora TA.XT2i (Stable Micro Systems, UK). Analizę tekstury wykonano w dwóch cyklach ściskania, przy zastosowaniu tłoku o średnicy 75 mm, z 5-sekundowym okresem pomiędzy cyklami. Ściskanie było prowadzone do odkształcenia 50 % próbki (do wysokości 0,5 cm), z zastosowaniem czujnika siły 750 kg, z prędkością testową 1 mm/s. Twardość, sprę-

żystość, kohezynność i żujność wyliczono za pomocą wzorów podanych przez Guiné i Barroca [10]. Ze względu na dużą zmienność materiału badawczego pomiar wykonano w dziesięciu powtórzeniach.

Magnetyczny rezonans jądrowy (TD-NMR) to nieinwazyjna technika umożliwiająca analizę stopnia związania wody w komórkach roślinnych. Poprzez pomiar czasów relaksacji poprzecznej (T2) możliwe jest monitorowanie ruchu wody zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz komórek w trakcie różnych procesów. Czas T2 został wyznaczony przy użyciu spektrometru TD-NMR (Minispec mq20, Bruker) pracującego przy częstotliwości 20 MHz i temperaturze 22 ± 1 °C poprzez wykorzystanie sekwencji impulsów CPMG zgodnie z metodyką podaną przez Dellarosa i wsp. [8]. Próbkę wycięto z surowca za pomocą wiertła korkowego o średnicy 8 mm. Następnie przenoszono je do próbek NMR. Każdy pomiar wykonywany był przy użyciu 6000 ech i odstępie między impulsami 0,3 ms. Opóźnienie recyrkulacji ustawiono na 10 s, a dla każdej próbki wykonano 6 skanów.

Analizę powierzchni świeżych i fermentowanych buraków przeprowadzono przy użyciu mikroskopu cyfrowego KEYENCE 950F (Kayence, Japonia) przy powiększeniu 200x.

Analizę struktury określano dla zliofilizowanych próbek buraka żółtego. Strukturę wewnętrzną oraz analizę pierwiastkową fermentowanego buraka żółtego wykonano z użyciem mikroskopu elektronowego (SEM, Phenom XL, Thermo Fisher Scientific, USA) wyposażonego w detektor elektronów wtórnych EDS. W tym celu zliofilizowaną kostkę buraka przekrajano na pół, jedną z połówek przyklejano na taśmie węglowej, tak aby strona wewnątrz była skierowana do góry, następnie napyłano złotem i umieszczano w mikroskopie skaningowym, stosując napięcie przyspieszenia 10 kV i niską próżnię (60 Pa). Zdjęcia wykonano w powiększeniu 500x.

Skład mineralny określono za pomocą detektora spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii (SEM-EDS) przy użyciu spektrometru z dyspersją energii (typ SDD) zintegrowanego z w/w skaningowym mikroskopem elektronowym. Analizę przeprowadzono dla 6 losowo wybranych miejsc na obrazie mikroskopowym.

Zdjęcia wysuszonej tkanki buraka żółtego w formie 3D wykonano za pomocą systemu mikrotomografii komputerowej Skyscan 1272 (Bruker, Kontich, Belgia). Skany przeprowadzono przy napięciu źródła 40 kV i prądzie 193 μ A, z rozdzielczością 25 μ m i krokiem obrotu 0,3°. Uzyskane obrazy surowe binaryzowano w zakresie 25–755, stosując oprogramowanie CTAn (Bruker). Do zobrazowania struktury wewnętrznej wybrano zdjęcie przedstawiające przekrój w środku materiału.

Uzyskane z oznaczeń dane zostały poddane analizie statystycznej w programie Statistica v 13.1 (StatSoft, Warszawa, Polska.). Do ustalenia istotności różnic występujących pomiędzy próbkami wykorzystano test analizy wariancji z uwzględnieniem stę-

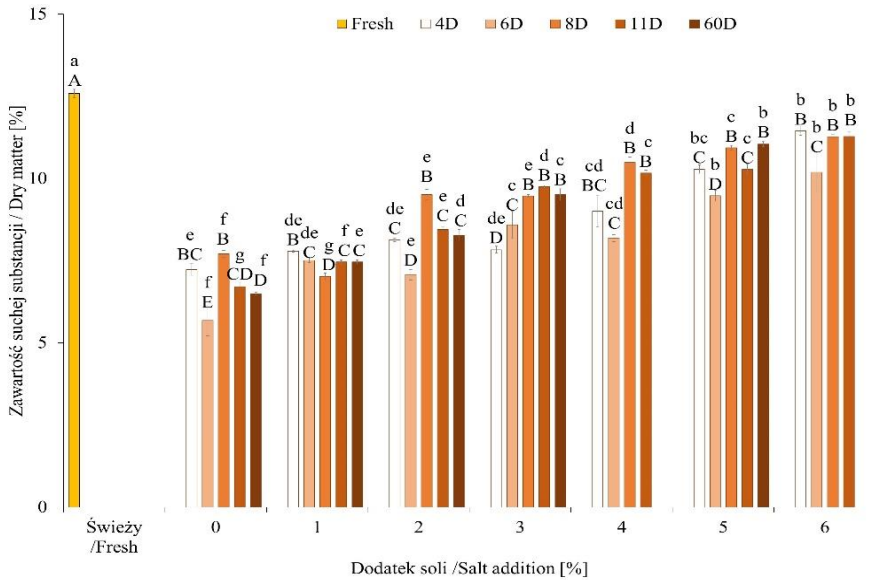
żenia soli w zalewie i czasu fermentacji. Wyznaczono grupy homogeniczne testem Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Ze względu na rozwój pleśni w każdym z powtórzeń nie przeprowadzono badań prób z dodatkiem 4- i 6-procentowej solanki po przechowywaniu. Podczas prowadzenia procesu fermentacji badano zarówno pH próbek, jak i ilość bakterii fermentacji mlekowej (dane zawarte w innym artykule). Wykazano, iż po 4 dniach trwania procesu wartości pH spadły z 6,3 do poziomu $3,4 \div 3,7$, co świadczy o prawidłowym przebiegu procesu fermentacji. Według danych literaturowych [19] zakres pH na poziomie $3,5 \div 4,0$ w połączeniu z informacjami na temat ilości bakterii świadczy o poprawnie prowadzonym procesie fermentacji mlekowej z udziałem bakterii kwasu mlekowego i skutecznym zakwaszeniu produktu. Początkowo wszystkie próbki miały liczbę bakterii kwasu mlekowego wynoszącą $5,81 \pm 0,3 \log \text{ jtk/cm}^3$, po 11 dniach trwania procesu fermentacji osiągnięto wartości rzędu $7,4 \div 8,5 \log \text{ jtk/cm}^3$. Fazę stacjonarną obserwowano w dniach od 8 do 11, co potwierdza zakończenie fazy rozwojowej bakterii kwasu mlekowego oraz zakończenie procesu fermentacji. Po przechowywaniu widoczny był spadek liczby bakterii do poziomu $4,5 \div 5,2 \log \text{ jtk/cm}^3$, co jest związane z wejściem w fazę obumierania [32].

Zawartość suchej substancji

Największą zawartością suchej substancji wyróżniał się burak żółty świeży (12,6 %) (Ryc. 1). W trakcie procesu fermentacji zawartość suchej substancji uległa obniżeniu. Mogło to być spowodowane zjawiskiem osmozy związanym z migracją rozpuszczalnych substancji do zalewy oraz zużyciem cukrów przez mikroorganizmy podczas ich rozwoju [9, 16, 19].



Rycina 1. Zmiany zawartości suchej substancji w buraku żółtym podczas fermentacji i przechowywania; wartości na wykresie są wartościami średnimi, słupki błędów oznaczają odchylenia standardowe

Figure 1. Changes in dry matter content for yellow beetroot during fermentation and storage; values in the graph are mean values, error bars denote standard deviations

Objaśnienia / Explanatory notes:

a, b, c (A, B, C) – różnice statystycznie istotne, $p < 0,05$, dla dnia procesu (dla stężenia solanki) / a, b, c (A, B, C) – statistically significant differences, $p < 0.05$, for the process day (for brine concentration).

Najmniejsze zmiany obserwowano w próbkach buraka fermentowanego w 1-procentowej zalewie solankowej. Natomiast najwyższe, w fermentowanych próbkach z solanki 6-procentowej (11,5 %). Wykazano wpływ zarówno dnia, jak i stężenia soli w solance na zawartość suchej substancji w próbkach. Największe obniżenie zawartości suchej substancji w trakcie procesu fermentacji obserwowano w próbkach bez dodatku soli w zalewie, co może być związane z jednostronną migracją składników rozpuszczalnych do zalewy (brak wnikania soli do tkanki) oraz obniżeniem zawartości cukrów prostych następującym w wyniku rozwoju mikroorganizmów [12].

W badaniach Wrzodak i Szwejd-Grzybowski [32] sucha substancja świeżego buraka przed procesem fermentacji wyniosła $15,4 \pm 0,9$ % i $16,5 \pm 0,7$ % w zależności od badanej odmiany, a po trwającej miesiąc fermentacji zmalała do około 10 %. Wyniki te są istotnie wyższe niż w przypadku omawianego buraka żółtego, jednakże wpływ na ten parametr może mieć różnica w odmianie buraka ćwikłowego, czas prowadzenia procesu fermentacji oraz zastosowana wielkość dodatku soli w zalewie.

Analiza tekstury

Ocena tekstury żywności poprzez analizę TPA (Texture Profile Analysis) obejmuje pomiar parametrów takich jak twardość, sprężystość, kohezynność i żujność. Twardość definiowana jest jako siła potrzebna do przełamania próbki w jamie ustnej. Sprężystość odnosi się do szybkości, z jaką próbka powraca do swojego pierwotnego stanu po nacisku. Kohezynność opisuje wewnętrzne wiązania wpływające na spójność materiału i dostarcza informacji o sile, która utrzymuje spójność próbki. Żujność natomiast określa siłę potrzebną do rozdrobnienia stałej żywności w celu jej połknięcia [10, 11, 24].

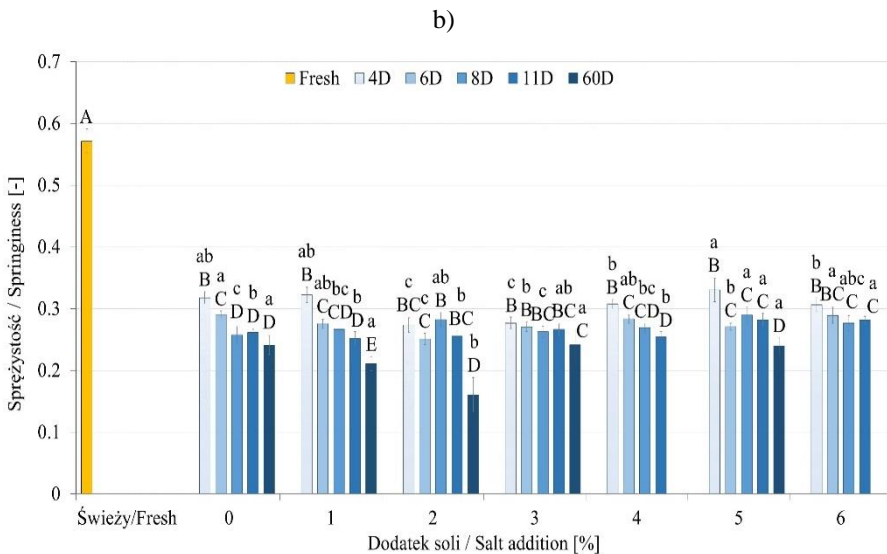
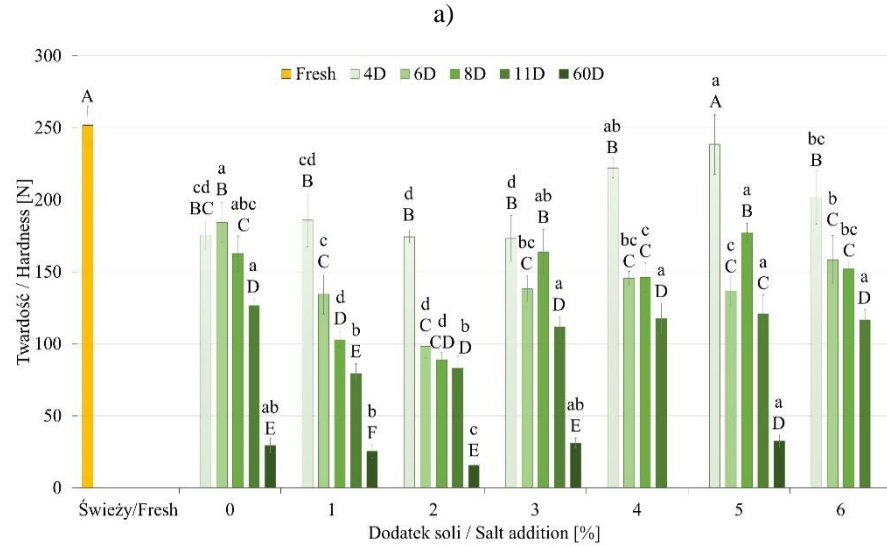
Najniższa twardość została zaobserwowana w próbce z jedenastego dnia fermentacji z dodatkiem 1-procentowej solanki (79,3 N). Natomiast najwyższe wartości odnotowano dla buraka świeżego (251,7 N) oraz buraka fermentowanego w solance 5 procentowej z dnia czwartego (238,5 N). Analiza twardości buraków wykazała, że wraz z postępowaniem fermentacji twardość, w porównaniu z twardością świeżego buraka, ulegała obniżeniu, niezależnie od zastosowanego stężenia soli w solance (Ryc. 2a). Największe zmiany obserwowano na początku fermentacji, szczególnie buraków fermentowanych w solance o stężeniu soli od 0 do 3 %. Proces fermentacji spowodował obniżenie twardości, a różnice te były wyraźniejsze na początku procesu, głównie dla buraków z niższym dodatkiem soli. Wniknięcie soli mogło powodować wczesny etap plazmolizy komórek, następujący wraz z uwolnieniem płynów z komórek, co częściowo wyjaśnia obniżenie wartości siły użytej przy określaniu twardości obserwowane podczas fermentacji.

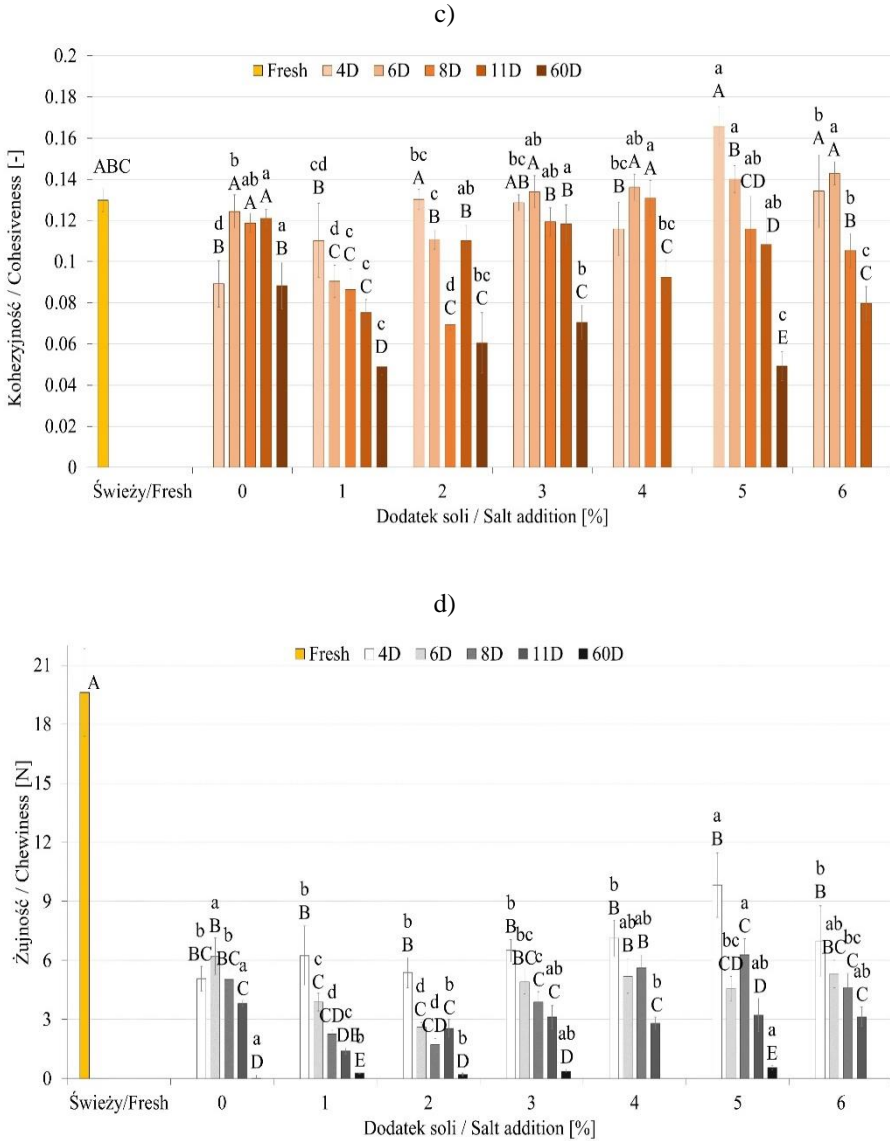
Badania Wrzodak i Szwejd-Grzybowski [32] nad twardością buraka ćwikłowego na dwóch odmianach wykazały, że dla surowych próbek twardość wynosiła $70,2 \pm 6,4$ oraz $89,3 \pm 8,03$ N. Są to znacznie niższe wartości w porównaniu z odmianą żółtą, w przypadku której zaobserwowano twardość na poziomie 251,7 N. Po miesiącu fermentacji badacze odnotowali wartości twardości na poziomie $22,8 \pm 4,7$ oraz $26,6 \pm 7,9$ N, co było zbliżone z wynikami uzyskanymi dla żółtej odmiany buraka ćwikłowego.

Sprężystość buraka ćwikłowego w różnych dniach fermentacji była istotnie niższa niż sprężystość dla warzywa świeżego (0,57) (Ryc. 2b). Stabilizacja wartości tego parametru w próbkach z solanki 1-procentowej oraz bez dodatku soli następowała po 8 dniach fermentacji, przy wyższych stężeniach soli w solance stabilizacja przebiegała szybciej. Nie obserwowano istotnego statystycznie wpływu stężenia soli na zmiany w sprężystości buraka ćwikłowego żółtego.

W większości przypadków kohezynność fermentowanych buraków żółtych była zbliżona do próbki surowej (Ryc. 2c). Wartość tego parametru wynosiła 0,13 dla świeżego buraka. Nie zaobserwowano wyraźnych tendencji związanych z dodatkiem soli. Proces fermentacji spowodował spadek wartości parametru kohezynności w obrębie

każdego stężenia, jednakże ze względu na duże odchylenia standardowe związane ze zmiennością próby spadek wartości nie był statystycznie istotny w porównaniu ze świeżym burakiem.





Rycina 2. Wyniki tekstury fermentowanego buraka żółtego a) twardość [N], b) sprężystość [-], c) kohezjyjność [-], d) żujność [N]

Figure 2. Texture results of fermented yellow beetroot (a) hardness [N], (b) springiness [-], (c) cohesion [-], (d) chewiness [N]

Objaśnienia / Explanatory notes:

wartości na wykresie są wartościami średnimi, słupki błędów oznaczają odchylenia standardowe, a, b, c (A, B, C) - różnice statystycznie istotne, $p < 0,05$, dla dnia procesu (dla stężenia solanki) / values in the graph are mean values, error bars indicate standard deviations, a, b, c (A, B, C) - statistically significant differences, $p < 0,05$, for the process day (for brine concentration).

Definicja kohezyności budzi wiele kontrowersji, jednak według Rosenthala i Thompsona [27] definicja podana przez Szcześniak [28] w odniesieniu do analizy TPA jest bardzo dobrze dobrana. Według niej kohezynność świadczy o „sile wewnętrznych więzi tworzących korpus produktu”, co w przypadku analizowanego buraka żółtego po procesie fermentacji może świadczyć o braku zmian wewnętrznych wiązań.

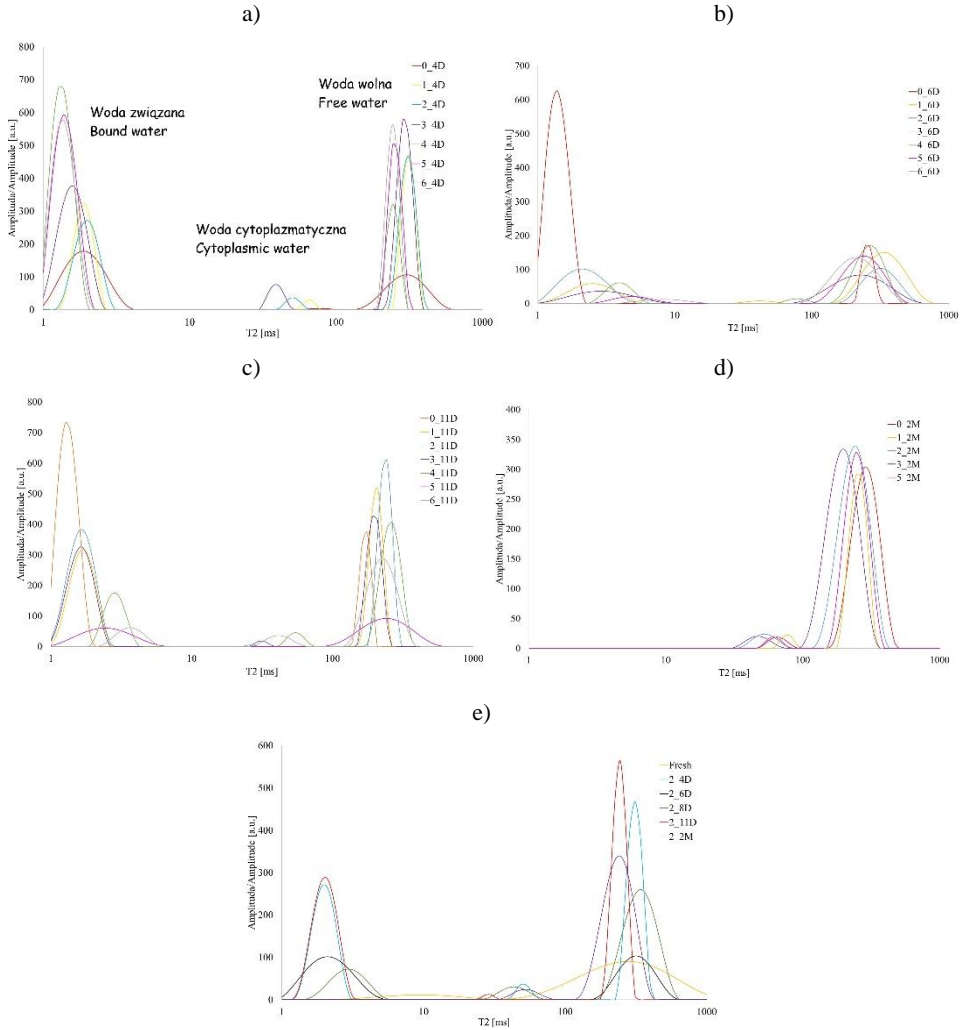
Żujność buraka obniżyła się znacząco po procesie fermentacji w porównaniu z świeżym surowcem (Rys. 2d). Obniżenie było około 4-krotne w porównaniu z próbką świeżego buraka. Największy spadek wartości obserwowano w próbce fermentowanej w 1-procentowej solance, szczególnie po 11. dniu procesu (1,40 N). Nie wykazano wpływu stężenia soli w solankach na żujność próbek w ocenianym dniu fermentacji. Po procesie żujność obniżyła się do wartości rzędu $0,2 \div 0,5$ N. Podczas badań było to związane z użyciem do rozbicia próbki niewielkich sił, powodujących jej szybką destrukcję. Parametr ten jest powiązany z twardością próbki, której wartości także pod koniec procesu fermentacji oraz po przechowywaniu uległy obniżeniu (Ryc. 2 a i d).

Podobne obserwacje dotyczące obniżenia twardości, sprężystości i żujności w wyniku zastosowania różnego stężenia soli (3, 6 i 9 %) podczas procesu fermentacji kimchi odnotowali Yang i wsp. [33]. Autorzy sugerują, że większy dodatek soli może powodować retencję wody w tkankach, co prowadzi do ich pęcznienia i rozrywania ścian komórkowych, a w rezultacie do mięknięcia. Ta obserwacja może potwierdzić wymienione przyczyny mięknięcia zachodzące podczas fermentacji buraka żółtego.

Analiza stopnia związania wody w próbkach (TD-NMR)

Magnetyczny rezonans jądrowy (NMR) mierzy czas relaksacji poprzecznej (T2) i może być wykorzystywany do monitorowania ruchu wody w tkankach [8]. Badania dotyczące kiwi, jabłek oraz innych owoców wykazały, że dodatek soli kuchennej czy witamin w trakcie przetwarzania może wpływać na sposób, w jaki woda jest rozpraszana w strukturze komórkowej. Obserwacje sugerują, że zmiany w ilości wody i substancji stałych w owocach podczas procesów osmotycznych korelują z redukcją ruchu cząsteczek wody wewnątrz komórek roślinnych, co może być wskaźnikiem utraty wody i zwiększenia stężenia rozpuszczonych w wodzie substancji [20, 26].

W czwartym dniu procesu fermentacji (Ryc. 3a) można zidentyfikować trzy odrębne piki, reprezentujące różne stopnie związania wody obecnej w próbkach, w tym znaczną ilość wody związanej oraz wody wolnej. Jednakże wykryto obecność wody w cytoplazmie jedynie w przypadku trzech stężeń NaCl w solance: 1-, 2- i 3-procentowej. Minimalne ilości zarówno wody wolnej, jak i związanej, zaobserwowano w próbce buraka traktowanego zalewą bez dodatku soli. W próbkach z szóstego i jedenastego dnia fermentacji (Ryc. 3 b i c) dominuje obecność wody wolnej, a w mniejszym stopniu wody związanej.



Rycina 3. Spektrum T2 uzyskane dla kiszonek buraczanych: a) w czwartym dniu, b) w szóstym dniu, c) w jedenastym dniu, d) po 2 miesiącach przechowywania, e) dla stężenia 2-procentowego przez cały okres fermentacji

Figure 3. T2 spectrum obtained for fermented beetroot on: (a) on day four; (b) on day six; (c) on day eleven; (d) after storage for two months; (e) for a concentration of 2 % throughout the fermentation period.

Charakterystyczne dla szóstego i jedenastego dnia fermentacji były piki wody związanej obecne w wariancie bez dodatku NaCl. Pozostałe wartości osiągnięte przez wysokość pików pozostają na zbliżonym poziomie, nie wykazując znaczących różnic. Na obu rysunkach nie zaobserwowano obecności wody w cytoplazmie (Ryc. 3 b i c). Pozwala to stwierdzić, że ilość wody związanej, wody cytoplazmatycznej i wody wol-

nej może być zależna od zawartości soli w kiszonce oraz od dnia fermentacji. Po okresie przechowywania (Ryc. 3 d) nie obserwowano obecności wody związanej. Zaobserwowano minimalne piki wskazujące na wodę cytoplazmatyczną. Szczególnie zauważalne było występowanie wody wolnej, będące na podobnym poziomie niezależnie od stężenia soli.

W trakcie fermentacji buraka żółtego w zalewie z 2-procentowym dodatkiem soli zawartość wody w jego tkance ulegała istotnym zmianom. Szczególnie duże fluktuacje zaobserwowano zarówno na początku procesu fermentacji, jak i po okresie przechowywania surowca. Mimo prób standaryzacji poprzez homogenizację całej partii pokrojonego buraka nie zaobserwowano klarownych trendów w zmianach ilości wody wolnej, związanej i cytoplazmatycznej w trakcie trwania fermentacji (od 4. do 11. dnia). Po okresie przechowywania wykryto tylko obecność wody wolnej oraz cytoplazmatycznej (poziom ten sam na przestrzeni procesu – drugi pik), nie wykryto drgań charakterystycznych dla wody związanej (Ryc. 3 e).

Podobne zależności widoczne były w obrębie każdego dodatku soli. Z tego względu autorzy zdecydowali się pokazać rysunek zmian wody w tkance podczas fermentacji dla wybranego stężenia soli w zalewie.

Obserwacja powierzchni za pomocą mikroskopu cyfrowego

Wykorzystanie mikroskopu cyfrowego umożliwiło śledzenie zmian zachodzących na powierzchni badanego surowca. Na uzyskanych obrazach zaobserwowano ewolucję zarówno koloru, jak i struktury powierzchni próbek w trakcie procesu fermentacji oraz po dodaniu NaCl. Wyraźnie zauważalna jest różnica pomiędzy próbką świeżego buraka żółtego a tymi, które przeszły proces fermentacji. Po pokrojeniu świeżego buraka jego barwa była wyraźnie żółta. W miarę upływu czasu fermentacji barwa stawała się jaśniejsza i mniej intensywna. Jednakże zauważono, że ta zmiana była zależna od stężenia NaCl w roztworze. W przypadku buraka fermentowanego w zalewie o stężeniu soli 4 i 6 %, barwa w większości przypadków nie odróżniała się od pierwotnej. W wariancie 1-procentowego NaCl w zalewie obserwowano pojawienie się szarych odcieni w tkance buraka żółtego (Tab. 1). Analiza próbek po okresie przechowywania wykazała zauważalne wyblaknięcie barwy surowca. Pozostałe próbki charakteryzowały się jaśniejszym odcieniem żółtego w porównaniu z próbkami świeżego buraka. Badanie potwierdziło, że różne stężenia NaCl w zalewie mogą mieć zauważalny wpływ na kolor buraków w kolejnych dniach procesu fermentacji.

Obserwując strukturę tkanek buraka żółtego, na zdjęciach pochodzących z mikroskopu cyfrowego Keyence zauważono obecność porów oraz dostrzeżono, iż struktura buraków poddanych procesowi fermentacji nie była całkowicie gładka. Warto jednak zaznaczyć, że nie zaobserwowano żadnych zniekształceń wynikających z obecności soli.


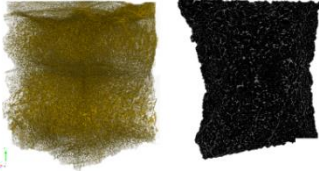
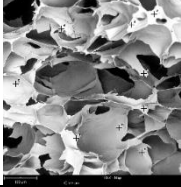
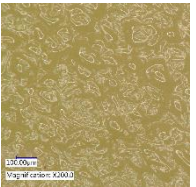

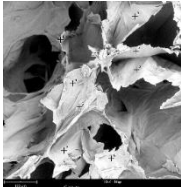
Analiza struktury wewnętrznej

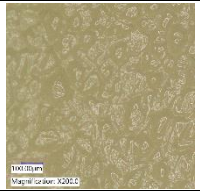
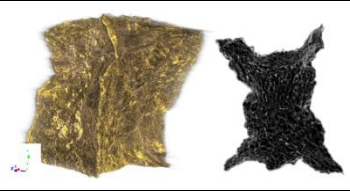
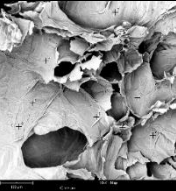
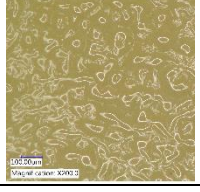
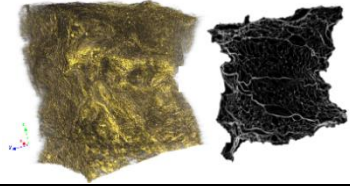

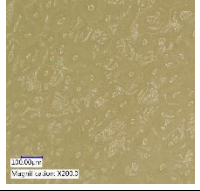
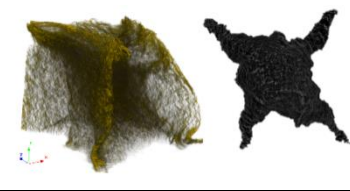
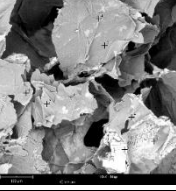


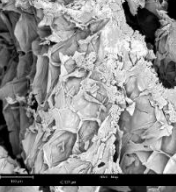
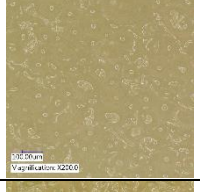
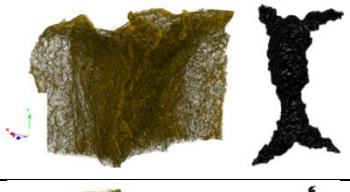
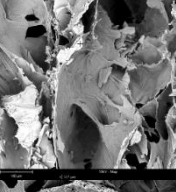

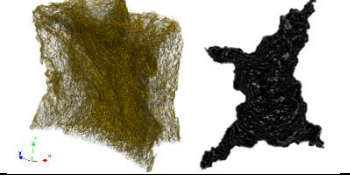
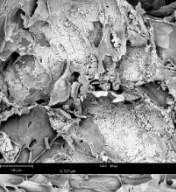

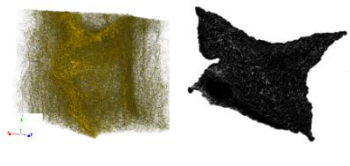
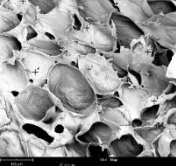
Obrazy ze skaningowej mikroskopii elektronicznej pokazały wewnętrzną tkankę roślinną z komórkami miąższowymi i ich ścianami komórkowymi. Na zdjęciach z mikrotomografu widoczna jest cała kostka buraka i jej wewnętrzna struktura (Tab. 1).


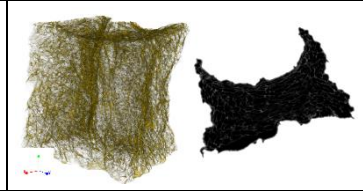

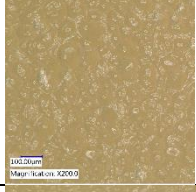
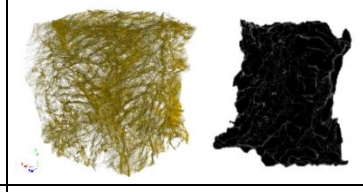
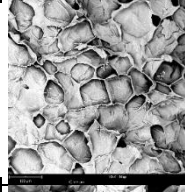
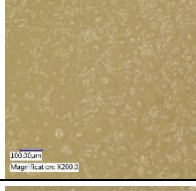
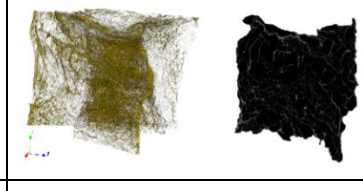
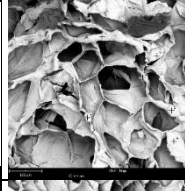

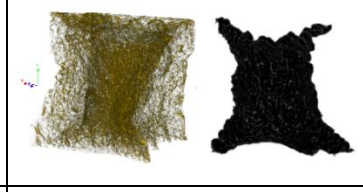
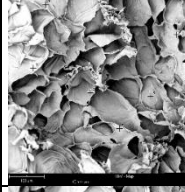


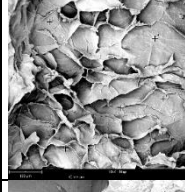
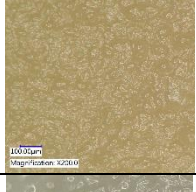
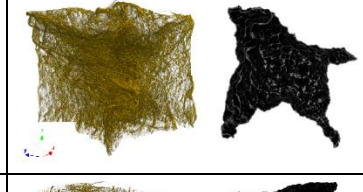
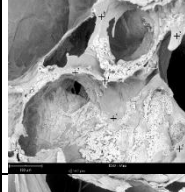
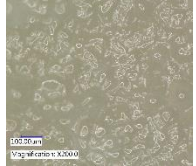
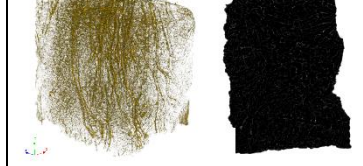
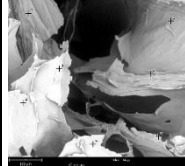
Analiza struktury buraka żółtego niezależnie od dodatku soli oraz dnia fermentacji wykazuje mniejsze i zapadnięte pory różnej wielkości. Zauważalne modyfikacje są związane z zapadaniem się dużych porów w tkankach, które mogły zawierać wodę przed procesem suszenia. Można przewidywać, iż proces zamrażania przed procesem liofilizacji może prowadzić do dezintegracji struktury, co jest widoczne na obrazach próbek. Dodatkowo warto wspomnieć, iż wszystkie próbki były zamrażane w ten sam sposób. Można więc zakładać, iż w takim samym stopniu zarówno zamrażanie jak i liofilizacja wpłynęła na zmiany w strukturze, dzięki czemu można pominąć wpływ tego procesu na strukturę buraka. Z drugiej strony różna zawartość wody w próbkach po procesie fermentacji mogła w różny sposób wpływać na proces zamrażania.

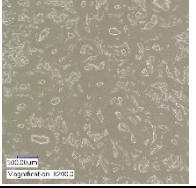

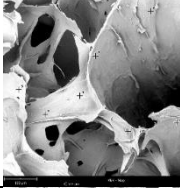

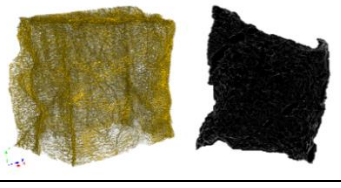
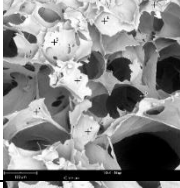

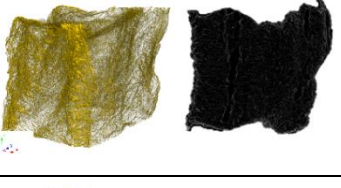
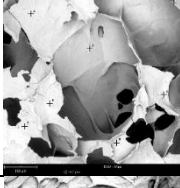
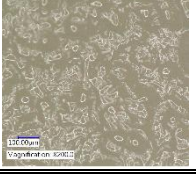


Tabela 1. Struktura suszy buraka żółtego, zdjęcia z mikroskopu cyfrowego Kayence 200x, zdjęcia z mikrotomografu, zdjęcia z mikroskopu elektronowego x500, analiza powierzchniowa pierwiastków (SEM-EDS)

Table 1. Drought structure of yellow beetroot, Kayence 200x digital, microtomography images, scanning electron microscope images x500, elemental mineral surface analysis (SEM-EDS)

Próbka / Sample	Mikroskop cyfrowy / Digital microscope	Mikrotomograf / Microtomography	Mikroskop skaningowy / SEM	Skład mineralny / EDS mineral analysis												
Świeży / Fresh				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Oxygen</td> <td>48.44</td> <td>49.15</td> </tr> <tr> <td>Carbon</td> <td>44.81</td> <td>34.13</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>6.74</td> <td>16.72</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxygen	48.44	49.15	Carbon	44.81	34.13	Potassium	6.74	16.72
				Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.										
Oxygen	48.44	49.15														
Carbon	44.81	34.13														
Potassium	6.74	16.72														
0_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>61.96</td> <td>55.01</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>38.04</td> <td>44.99</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	61.96	55.01	Oxygen	38.04	44.99			
				Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.										
Carbon	61.96	55.01														
Oxygen	38.04	44.99														

1_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>51.31</td> <td>38.02</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>35.75</td> <td>35.29</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>7.31</td> <td>15.99</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>2.91</td> <td>4.13</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>2.72</td> <td>6.57</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	51.31	38.02	Oxygen	35.75	35.29	Chlorine	7.31	15.99	Sodium	2.91	4.13	Potassium	2.72	6.57			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	51.31	38.02																							
Oxygen	35.75	35.29																							
Chlorine	7.31	15.99																							
Sodium	2.91	4.13																							
Potassium	2.72	6.57																							
2_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>37.62</td> <td>27.76</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>27.40</td> <td>26.93</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen</td> <td>21.90</td> <td>18.85</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>10.44</td> <td>22.74</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>2.64</td> <td>3.73</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	37.62	27.76	Oxygen	27.40	26.93	Nitrogen	21.90	18.85	Chlorine	10.44	22.74	Sodium	2.64	3.73			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	37.62	27.76																							
Oxygen	27.40	26.93																							
Nitrogen	21.90	18.85																							
Chlorine	10.44	22.74																							
Sodium	2.64	3.73																							
3_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>50.42</td> <td>34.23</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>18.94</td> <td>17.13</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>15.69</td> <td>31.45</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>8.31</td> <td>10.80</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen</td> <td>5.84</td> <td>4.63</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>0.79</td> <td>1.76</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	50.42	34.23	Oxygen	18.94	17.13	Chlorine	15.69	31.45	Sodium	8.31	10.80	Nitrogen	5.84	4.63	Potassium	0.79	1.76
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	50.42	34.23																							
Oxygen	18.94	17.13																							
Chlorine	15.69	31.45																							
Sodium	8.31	10.80																							
Nitrogen	5.84	4.63																							
Potassium	0.79	1.76																							
4_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>54.20</td> <td>38.23</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>21.51</td> <td>20.21</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>12.34</td> <td>16.67</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>11.95</td> <td>24.89</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	54.20	38.23	Oxygen	21.51	20.21	Sodium	12.34	16.67	Chlorine	11.95	24.89						
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	54.20	38.23																							
Oxygen	21.51	20.21																							
Sodium	12.34	16.67																							
Chlorine	11.95	24.89																							
5_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>53.38</td> <td>38.81</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>30.31</td> <td>29.35</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>8.18</td> <td>17.55</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>5.09</td> <td>7.08</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>3.04</td> <td>7.20</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	53.38	38.81	Oxygen	30.31	29.35	Chlorine	8.18	17.55	Sodium	5.09	7.08	Potassium	3.04	7.20			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	53.38	38.81																							
Oxygen	30.31	29.35																							
Chlorine	8.18	17.55																							
Sodium	5.09	7.08																							
Potassium	3.04	7.20																							
6_4D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>36.49</td> <td>20.79</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>34.37</td> <td>37.49</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>21.23</td> <td>35.72</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>7.91</td> <td>6.00</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	36.49	20.79	Sodium	34.37	37.49	Chlorine	21.23	35.72	Oxygen	7.91	6.00						
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	36.49	20.79																							
Sodium	34.37	37.49																							
Chlorine	21.23	35.72																							
Oxygen	7.91	6.00																							
0_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>50.58</td> <td>39.39</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>43.18</td> <td>44.79</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>6.24</td> <td>15.82</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	50.58	39.39	Oxygen	43.18	44.79	Potassium	6.24	15.82									
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																							
Carbon	50.58	39.39																							
Oxygen	43.18	44.79																							
Potassium	6.24	15.82																							

1_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>58.43</td> <td>47.70</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>34.18</td> <td>37.17</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>4.23</td> <td>10.19</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>3.16</td> <td>4.93</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	58.43	47.70	Oxygen	34.18	37.17	Chlorine	4.23	10.19	Sodium	3.16	4.93			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	58.43	47.70																				
Oxygen	34.18	37.17																				
Chlorine	4.23	10.19																				
Sodium	3.16	4.93																				
2_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>38.55</td> <td>30.48</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>34.45</td> <td>36.29</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen</td> <td>19.66</td> <td>18.14</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>4.86</td> <td>11.35</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>2.47</td> <td>3.74</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	38.55	30.48	Oxygen	34.45	36.29	Nitrogen	19.66	18.14	Chlorine	4.86	11.35	Sodium	2.47	3.74
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	38.55	30.48																				
Oxygen	34.45	36.29																				
Nitrogen	19.66	18.14																				
Chlorine	4.86	11.35																				
Sodium	2.47	3.74																				
3_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>53.31</td> <td>39.26</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>30.78</td> <td>30.20</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>10.61</td> <td>23.06</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>5.31</td> <td>7.48</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	53.31	39.26	Oxygen	30.78	30.20	Chlorine	10.61	23.06	Sodium	5.31	7.48			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	53.31	39.26																				
Oxygen	30.78	30.20																				
Chlorine	10.61	23.06																				
Sodium	5.31	7.48																				
4_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>52.81</td> <td>37.40</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>27.79</td> <td>26.21</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>13.72</td> <td>28.68</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>5.68</td> <td>7.71</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	52.81	37.40	Oxygen	27.79	26.21	Chlorine	13.72	28.68	Sodium	5.68	7.71			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	52.81	37.40																				
Oxygen	27.79	26.21																				
Chlorine	13.72	28.68																				
Sodium	5.68	7.71																				
5_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>35.60</td> <td>27.12</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>31.98</td> <td>32.45</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen</td> <td>21.09</td> <td>18.74</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>6.55</td> <td>14.74</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>4.77</td> <td>6.96</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	35.60	27.12	Oxygen	31.98	32.45	Nitrogen	21.09	18.74	Chlorine	6.55	14.74	Sodium	4.77	6.96
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	35.60	27.12																				
Oxygen	31.98	32.45																				
Nitrogen	21.09	18.74																				
Chlorine	6.55	14.74																				
Sodium	4.77	6.96																				
6_11D				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>55.74</td> <td>39.09</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>17.12</td> <td>15.99</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>15.48</td> <td>20.78</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>11.66</td> <td>24.14</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	55.74	39.09	Oxygen	17.12	15.99	Sodium	15.48	20.78	Chlorine	11.66	24.14			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	55.74	39.09																				
Oxygen	17.12	15.99																				
Sodium	15.48	20.78																				
Chlorine	11.66	24.14																				
0_2M				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>54.08</td> <td>44.09</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>42.05</td> <td>45.66</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>3.86</td> <td>10.25</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	54.08	44.09	Oxygen	42.05	45.66	Potassium	3.86	10.25						
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	54.08	44.09																				
Oxygen	42.05	45.66																				
Potassium	3.86	10.25																				

1_2M				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>51.45</td> <td>38.86</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>37.91</td> <td>38.15</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>5.36</td> <td>11.95</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>3.38</td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>1.89</td> <td>2.74</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	51.45	38.86	Oxygen	37.91	38.15	Chlorine	5.36	11.95	Potassium	3.38	8.30	Sodium	1.89	2.74
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	51.45	38.86																				
Oxygen	37.91	38.15																				
Chlorine	5.36	11.95																				
Potassium	3.38	8.30																				
Sodium	1.89	2.74																				
2_2M				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>56.08</td> <td>42.31</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>27.88</td> <td>28.02</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>8.29</td> <td>18.46</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>7.76</td> <td>11.20</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	56.08	42.31	Oxygen	27.88	28.02	Chlorine	8.29	18.46	Sodium	7.76	11.20			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	56.08	42.31																				
Oxygen	27.88	28.02																				
Chlorine	8.29	18.46																				
Sodium	7.76	11.20																				
3_2M				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>55.56</td> <td>42.12</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>27.33</td> <td>27.60</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>10.20</td> <td>14.80</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>6.92</td> <td>15.48</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	55.56	42.12	Oxygen	27.33	27.60	Sodium	10.20	14.80	Chlorine	6.92	15.48			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	55.56	42.12																				
Oxygen	27.33	27.60																				
Sodium	10.20	14.80																				
Chlorine	6.92	15.48																				
5_2M				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>57.55</td> <td>42.20</td> </tr> <tr> <td>Oxygen</td> <td>22.85</td> <td>22.32</td> </tr> <tr> <td>Chlorine</td> <td>10.48</td> <td>22.68</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>9.12</td> <td>12.80</td> </tr> </tbody> </table>	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	Carbon	57.55	42.20	Oxygen	22.85	22.32	Chlorine	10.48	22.68	Sodium	9.12	12.80			
Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																				
Carbon	57.55	42.20																				
Oxygen	22.85	22.32																				
Chlorine	10.48	22.68																				
Sodium	9.12	12.80																				

Fermentację w roztworach soli można porównać do odwodnienia osmotycznego, biorąc pod uwagę, że stężenie soli w solance będzie wystarczająco wysokie, aby wyrównać stężenia w tkance i solance. Odwadnianie osmotyczne poprzez ruch masy z i do przestrzeni międzykomórkowych i pozakomórkowych tkanki może prowadzić do mikroskopowych uszkodzeń strukturalnych komórek [21]. De Jesus Junqueira i wsp. [7] wykazali w swoich badaniach, że próbki poddane oddziaływaniu osmotycznemu charakteryzowały się komórkami o nieregularnym kształcie i umiarkowanym zapadnięciu, wykazując jednocześnie rozdarcie struktury tkanki. Podczas procesu obróbki osmotycznej dochodzi do degradacji ścian komórkowych, co prowadzi do zmniejszenia kontaktu międzykomórkowego, plazmolizy oraz zapadania się struktury komórkowej. Ponadto, jak wskazują de Jesus Junqueira i wsp. [7], możliwa jest utrata wody cytoplazmatycznej, co prowadziłyby do deformacji tkanki i zmian w jej strukturze.

W analizie mikroskopowej próbek buraka żółtego nie zaobserwowano komórek bakteryjnych odpowiedzialnych za proces fermentacji. Zastosowanie powiększeń powyżej 3000x na SEM nie skutkowało także obserwowaniem ich obecności. Z kolei

obecność bakterii kwasu mlekowego obserwowali w postaci biofilmu Barbu i wsp. [3] na próbkach fermentowanych warzyw z udziałem *L. plantarum*.

Analiza pierwiastkowa

Przeprowadzono analizę SEM-EDS wszystkich próbek, natomiast w artykule przedstawiono wyniki dla wybranych pomiarów (Tab. 1). Analizy pierwiastkowe przeprowadzono na wewnętrznej powierzchni każdej próbki. Wyniki z tej analizy potwierdziły przemieszczenie soli do wnętrza kostki fermentowanego buraka. W świeżej próbce buraka żółtego oraz w próbkach bez dodatku soli w zalewie (0 %) występowały węgiel, tlen i potas, lecz nie wykryto chloru ani sodu. W przypadku próbek po fermentacji potwierdzono obecność Na i Cl, co świadczy o migracji soli do tkanki. Na podstawie badań EDS nie można jednak określić procentowego udziału soli w próbce. Możliwe jest jedynie potwierdzenie występowania pierwiastków w obrębie badanego pola. Podobne zależności otrzymano przy fermentacji papryki, gdzie w próbkach bez dodatku soli nie obserwowano obecności jonów Na i Cl, natomiast w próbkach z dodatkiem soli w zalewie jony te były obecne [13].

Wnioski

1. Na zawartość suchej masy i teksturę żółtych buraków odmiany Golden w najmniejszym stopniu wpłynął proces fermentacji z wykorzystaniem solanki z 1-procentowym dodatkiem NaCl. Twardość badanych próbek zmniejszała się wraz z wydłużaniem czasu fermentacji, jednocześnie była ona determinowana zawartością NaCl w solance i była większa dla większych stężeń soli w zalewie fermentacyjnej.
2. Najmniejsze zmiany w teksturze fermentowanych żółtych buraków odmiany Golden, w porównaniu ze świeżym burakiem, zaobserwowano dla próbek z solanki 4- i 6-procentowej. Podczas fermentacji mlekowej stwierdzono obniżenie sprężystości, kohezyjności i żujności. W trakcie procesu przechowywania zaobserwowano dalsze obniżanie wartości badanych parametrów tekstury, jednak nie wykazano wpływu stężenia solanki na te zmiany.
3. Badania SEM-EDS potwierdziły, że roztwór NaCl podczas dwukierunkowej wymiany masy w czasie fermentacji wniknął do tkanek badanych buraków. Uzyskane wyniki oznaczenia analizy EDS potwierdzają znaczenie stężenia NaCl w zastosowanej solance podczas fermentacji buraka żółtego.
4. Stężenie NaCl w solance zastosowanej w czasie fermentacji żółtych buraków odmiany Golden regulowało stopień związania wody w tkankach surowca wpływając na stosunek wody związanej do uwolnionej z matrycy tkankowej warzyw.

Oświadczenie

W badaniach wykorzystano aparaturę zakupioną w ramach projektu „Centrum żywności i żywienia - modernizacja kampusu SGGW w celu stworzenia Centrum Badawczo-Rozwojowego Żywności i Żywienia (CŻiŻ)” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020 (nr projektu RPMA.01.01.00-14-8276/17).

Literatura

- [1] Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Sachadyn-Król M., Varzakas T.: Lactic acid bacteria as antibacterial agents to extend the shelf life of fresh and minimally processed fruits and vegetables: Quality and safety aspects. *Microorganisms*, 2020, 8(6), #952.
- [2] Andrés-Bello A., Barreto-Palacios V., García-Segovia P., Mir-Bel J., Martínez-Monzó J.: Effect of pH on Color and Texture of Food Products. *Food Eng. Rev.* 2013, 5, 158-170.
- [3] Barbu V., Cotârleț M., Bolea C. A., Cantaragiu A., Andronoiu D. G., Bahrim G. E., Enachi E.: Three Types of Beetroot Products Enriched with Lactic Acid Bacteria. *Foods*, 9(6), 2020, #786.
- [4] Bautista-Gallego J., Medina E., Sánchez García B., Benítez-Cabello A., Arroyo López F.N.: Role of lactic acid bacteria in fermented vegetables. *Grasas Aceites*, 71, 2020, #358.
- [5] Bautista- Gallego J., Rantsiou K., Garrido- Fernández A., Cocolin L., Arroyo- López, F.N.: Salt reduction in vegetable fermentation: reality or desire?, *J. Food Sci.*, 78 (8), 2013, 1095-1100.
- [6] Casciano F., Mayr H., Nissen L., Putti A., Zoli F., Gianotti A., Conterno L.: Red Beetroot Fermentation with Different Microbial Consortia to Develop Foods with Improved Aromatic Features. *Foods*, 2022, 11(19), #3055.
- [7] de Jesus Junqueira J.R., Corrêa J.L.G. de Mendonça K.S., de Mello Júnior R.E., de Souza A.U.: Pulsed Vacuum Osmotic Dehydration of Beetroot, Carrot and Eggplant Slices: Effect of Vacuum Pressure on the Quality Parameters. *Food Bioproc. Technol.*, 2018, 11(10), 1863-1875.
- [8] Dellarosa N., Ragni L., Laghi L., Tylewicz U., Rocculi P., Dalla Rosa M.: Time domain nuclear magnetic resonance to monitor mass transfer mechanisms in apple tissue promoted by osmotic dehydration combined with pulsed electric fields. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2016, 37, 345-351.
- [9] Dimakopoulou-Papazoglou D., Lazaridou A., Biliaderis C.G., Katsanidis E.: Effect of Process Temperature on the Physical State of Beef Meat Constituents – Implications on Diffusion Kinetics during Osmotic Dehydration. *Food Bioproc. Technol.*, 2022, 15(3), 706-716.
- [10] Guiné R.P.F., Barroca M.J.: Effect of Drying on the Textural Attributes of Bell Pepper and Pumpkin. *Drying Technol.*, 2011, 29(16), 1911-1919.
- [11] Guiné R.P.F., Barroca M.J.: Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food Bioprod. Proces.*, 2012, 90(1), 58-63.
- [12] Ishii M., Matsumoto Y., Nishida S., Sekimizu K.: Decreased sugar concentration in vegetable and fruit juices by growth of functional lactic acid bacteria. *Drug Discoveries Therapeutics*, 2017, 11(1), 30-34.
- [13] Janiszewska-Turak E., Witrowa-Rajchert D., Rybak K., Rolof J., Pobiega K., Woźniak Ł., Gramza-Michałowska A.: The Influence of Lactic Acid Fermentation on Selected Properties of Pickled Red, Yellow, and Green Bell Peppers. *Molecules*, 2022, 27(23), #8637.

- [14] Kazimierczak R., Hallmann E., Lipowski J., Drela N., Kowalik A., Pussa T., Rembialkowska E.: Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production: metabolomics, antioxidant levels and anticancer activity. *J. Sci. Food Agric.*, 2014, 94(13), 2618-2629.
- [15] Komolka P., Górecka D.: Effect of heat treatment on structure of selected vegetables and fruit. *Inż. Żywności*, 2017, 2, 67-73.
- [16] Kuria M.W., Matofari J.W., Nduko J.M. Physicochemical, antioxidant, and sensory properties of functional mango (*Mangifera indica* L.) leather fermented by lactic acid bacteria. *J. Agric. Food Res.*, 6, 2021, #100206.
- [17] Lanza B., Di Marco S., Bacceci M., Di Serio M.G., Di Loreto G., Cellini M., Simone N.: Lactiplantibacillus plantarum Used as Single, Multiple, and Mixed Starter Combined with Candida Boidinii for Table Olive Fermentations: Chemical, Textural, and Sensorial Characterization of Final Products. *Fermentation*, 2021, 7(4), #239.
- [18] Lin X., Tang Y., Hu Y., Lu Y., Sun Q., Lv Y., Chi Y.: Sodium reduction in traditional fermented foods: challenges, strategies, and perspectives. *J. Agric. Food Chem.*, 2021, 69(29), 8065-8080.
- [19] Niakousari M., Razmjooei M., Nejadmansouri M., Barba F.J., Marszałek K., Koubaa M.: Current Developments in Industrial Fermentation Processes. In *Fermentation Processes: Emerging and Conventional Technologies*, Eds. M. Koubaa, F. J. Barba, S. Roohinejad, Wiley, 2021, pp. 23-96.
- [20] Nowacka M., Tylewicz U., Laghi L., Dalla Rosa M., Witrowa-Rajchert D.: Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration. *Food Chem.*, 2014, 144, 18-25.
- [21] Nowacka M., Wedzik M.: Effect of ultrasound treatment on microstructure, colour and carotenoid content in fresh and dried carrot tissue. *Applied Acoustics*, 2016, 103, 163-171.
- [22] Ogrodowczyk A. M., Drabińska N.: Crossroad of Tradition and Innovation – The Application of Lactic Acid Fermentation to Increase the Nutritional and Health-Promoting Potential of Plant-Based Food Products – a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2021, 71(2), 107-134.
- [23] Park S.-Y., Lee J.-H., Kim B.-M., Baik S.-J., Lee S.-H., Nam, J.-S.: Comparison of Nutritional Components of Beets from Three Different *Beta vulgaris* L. Cultivars in Korea. *J. Korean Society Food Sci. Nutr.*, 2020, 49(9), 969-976.
- [24] Parniakov O., Bals O., Lebovka N., Vorobiev, E.: Effects of pulsed electric fields assisted osmotic dehydration on freezing-thawing and texture of apple tissue. *J. Food Eng.*, 2016, 183, 32-38.
- [25] Pérez-Díaz I., Breidt F., Buescher R., Arroyo-López F., Jiménez-Díaz R., Garrido-Fernández A., Johanningsmeire S.: *Fermented and Acidified Vegetables. Compendium of methods for the microbiological examination of foods*, 4th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2013, pp 521-532.
- [26] Rocculi P., Panarese V., Tylewicz U., Santagapita P., Cocci E., Gómez Galindo F., Romani S., Dalla Rosa M.: The potential role of isothermal calorimetry in studies of the stability of fresh-cut fruits. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2012, 49(2), 320-323.
- [27] Rosenthal A.J., Thompson P.: What is cohesiveness?—A linguistic exploration of the food texture testing literature. *J. Texture Studies*, 52(3), 2021, 294-302.
- [28] Szczesniak, A.S.: Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.*, 1963, 28(4), 385-389.
- [29] Varzakas T., Zakyntinos G., Proestis C., Radwanska M.: Fermented vegetables. In: *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Food Engineering Series*. Eds. Yildiz, F., Wiley, R., Springer, Boston, MA.. 2017. pp 537-584.
- [30] Wadamori Y., Vanhanen L., Savage G.P.: Effect of kimchi fermentation on oxalate levels in silver beet (*Beta vulgaris* var. *cicla*). *Foods*, 2014, 3(2), 269-278.
- [31] Wierzbička A., Janiszewska-Turak E.: Influence of the salt addition during the fermentation process on the physical and chemical properties of dried yellow beetroot. *Applied Sci.*, 2024, 14(2), #524.


- [32] Wrzodak A., Szwejdą-Grzybowska J.: Application of mineral water from geothermal source for fermentation of beetroot. *J. Hort Res.*, 2020, 28(1), 123-130.
- [33] Yang H.I., Min S.G., Lee S.Y., Yang J.H., Lee M.A., Park S.H., Eun J.B., Chung Y.B.: Influence of salt concentration on Kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) mass transfer kinetics and textural and microstructural properties during osmotic dehydration. *J. Food Sci.*, 2023, 88(4), 1610-1622.

INFLUENCE OF NaCl CONCENTRATION IN BRINE ON THE STRUCTURE AND TEXTURE OF FERMENTED YELLOW BEETROOTS

S u m m a r y

Background. Vegetables undergoing fermentation through the activity of lactic bacteria and mass exchange change their texture and structure. This study aimed to investigate the effect of salt in brine on the dry matter content, texture, degree of water binding and structure of yellow beetroots fermented with a dedicated strain of *Latiplantibacillus plantarum* ATCC4080. Diced beetroots were lacto-fermented in brine with salt concentrations of 0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 %. The fermentation was monitored on days 0, 4, 6, 8, 11 and 60. After 11 days of the process, the temperature was reduced from 30 to 25 °C, considering the 49 days to be a storage period at a temperature higher than the one traditionally used. The samples were evaluated for dry matter content, texture, internal structure and the degree of water binding in the beetroot cells.

Results and conclusions. An analysis of the results showed the influence of both the fermentation time and the addition of salt to the brine on the textural and structural parameters. The fermentation process decreased the dry matter content of the tissue, regardless of the salt concentration used in the brine. The samples fermented in 4 ÷ 6 % brine showed the smallest changes in texture compared to fresh beetroots. Moreover, tissue stiffening was observed for these samples. A decrease in springiness, elasticity, cohesion and chewiness was observed as the fermentation process progressed. A relationship was found between the amount of salt in the brine and the state of water binding in the tissue. An analysis of the internal structure also showed that beetroot cubes fermented in 2 and 3 % brine were not overcooked, which was seen for the beetroot with 0 and 1 % brine. The storage time reduced the hardness and chewiness of the samples considerably, regardless of the salt concentration in the brine.

Key words: yellow beetroot, structure, texture, salt 

NADIIA I. SVYNOUS, NATALIYA O. HOLUB, IHOR V. DATSENKO,
VALERII HR. SYTNYK, IRYNA M. KAPELISTA

DETERMINANTS OF ENSURING FOOD SECURITY OF MANUFACTURERS OF THE GRAIN AND OIL GROUP OF UKRAINE ON THE EUROPEAN MARKET

S u m m a r y

Background. In the article, the directions of food security of Ukraine were developed, which, based on the principles of sustainable development of agricultural producers, ensure the stability of their food system, which is integrated into the synergized logistics chains of the supply of high-quality agricultural raw materials of the grain and oil group on the European market. The methods of diagnosing the state of food security of the state (rural territory or region) through the resource component of simple or extended reproduction of the food system of agricultural producers were determined.

Results and conclusions. Mathematical models of outsourcing (transportation service of commodity producers of grain and oil group) were identified in order to improve the forecasting of indicators of the technological process of production (sale) of products. The process of re-producing the potential of the food system of commodity producers of the grain and oil group in the logistics chains of the agro-raw material segment of the European market was formed. A comparative analysis of the production and sales of grain and oil group commodity producers on the Ukrainian and European markets was conducted, as well as the volume of grain stocks in the state resources of Ukraine was assessed.

Keywords: grain and oil crops market, logistics chains, agricultural production, export, import

Introduction

The strategic orientation of the successful functioning of the modern agricultural sector in the global integration processes is the expansion of the range of opportunities

*Dr N.I. Svynous, ORCID: 0000-0003-3640-0519, Department of Accounting and Taxation, Bila Tserkva National Agrarian University, 09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine; dr N.O. Holub, ORCID: 0000-0003-2238-1986, Department of Finance, Accounting and Taxation, Dmytro Motomyi Tavria State Agrotechnological University, 69063, 66 Zhukovskoho Str., Zaporizhzhia, Ukraine; I.V. Datsenko, ORCID: 0009-0008-6795-3486; V.H. Sytnyk ORCID: 0000-0003-2016-9228, Department of Accounting and Taxation Bila Tserkva National Agrarian University, 09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine; dr I.M. Kapelista ORCID: 0000-0002-1983-4617, Department of Public Administration Interregional Academy of Personnel Management, 03039, 2 Frometivska Str., Kyiv, Ukraine.
Kontakt e-mail: nadiia_svynous@edu.cn.ua*

for commodity producers of the grain and oil group, which implement the latest technologies in production and achieve objective transformations on the market. However, they affect the excessive exploitation of land resources and can destabilize agricultural production in the dynamic development of the territories of those countries that are exporters of agricultural products. This makes it necessary to harmonize the national interests of Ukraine with the realities of the global economic space, to expand the sale of products of the grain and oil group on the market, which are stabilizers of the resource provision of food security not only in the country, but also in the countries of the European level of development. However, on the European market, Ukrainian producers of grain and oil products face obstacles, in particular, tough competition, external political and economic factors [29]. This was especially noticeable during Russia's military aggression against Ukraine, when the unstable political environment, the unjustified interference of the aggressor country in the national regulation of the agricultural product market led to the weakening of the socio-economic system and the leveling of the logistics infrastructure among countries of the world.

Unregulated threats to Ukraine's food security and overcoming complex challenges facing the country require transformational actions that include the principles of sustainability and the elimination of the consequences of martial law, which, since the beginning of the full-scale intervention of the aggressor country, caused a gap in the food chain between rural areas and food producers provision in the regions of the state. Producers on the grain and oil group products market are destabilized and have a low level of influence on the diversification of agricultural production development. Meanwhile, the crisis economic situation, the increase in depressed areas, their environmental and radiation pollution - all this has led to threats of food insecurity in the country, which forms the inclusion of the agricultural raw material export market of Ukraine. That is, the market for products of the grain and oil group, in the modern conditions, requires the formation of effective tools for the intensive development of agricultural production in those territories where the high standard of living of the rural population is concentrated, and, in particular, in those regions where the demographic situation has improved [5, 30].

The primary direction of the modernization of the state policy on the food security issues of agrarian production of the grain and oil group is the narrowing of the spatial destination of rural areas and the determination of priority incentives for food security in the country. The desire to revive the country's food potential in the countryside with the maximum use of the advantages of the territorial and sectoral distribution of agricultural production between the grain and oil groups, the introduction of an effective model of food security, is comprehensively implemented in the agro-raw materials segment of the market, which makes up 3.2 % of GDP and 16 % of the country's exports [24].

Issues that fully reflect the modernity of the Ukrainian countryside need to be revealed, given the temporarily occupied territories, which require both economic, social, mental and financial and investment reintegration for the restoration of the infrastructure of the agricultural sectors, and, in particular, the commodity production of the grain and oil group. The priority of our research is the development of directions for food security of Ukraine, which, based on the principles of sustainable development of agricultural producers, ensure the stability of their food system, which should be integrated into the synergized logistics chains of the supply of high-quality agricultural raw materials of the grain and oil group to the European market.

Materials and methods

The market in products of the grain and oil group as an environment for the functioning of commodity-workers of agricultural production consists of elements (social and economic components), which, in turn, are the factors influencing the sustainability of their food system. The market business environment, in particular the environment of the European market, is divided into two levels of logistics chains for the supply of quality raw materials of the grain and oil group: meso- and macro-environment (regarding the commodity producers of the agrarian production of grain and oil group products).

Any producer of agricultural production, which ensures the stability of the food system in the turnover of logistics chains while supplying high-quality agro-raw products of the grain and oil group, operates on the national market, but faces the influence of the global market business environment (in particular, due to the influence factor, imported agricultural products on the national market) [7, 32]. This provokes the displacement of domestically produced products from the national market. There is an imbalance in the situation of the agro-raw material segment, which is very dangerous for the food security of the state, since the number of influencing factors and participants of the business environment increases when agricultural producers try to enter the European market [3]. Dybska and Sergeyev [9] offer a model of food security in the environment of the functioning of agricultural producers through the logistics chains of the agricultural raw material segment on the European market, which includes the international environment; the national environment, which is divided into the macro- and micro logistics environment, the environment of supply channels and the internal environment of the logistics chain. The market business environment of commodity producers of the agrarian production of the grain and oil group, as subjects of the agro-raw material segment on the European market, is revealed in separate components of the food security model, which is presented in Figure 1.

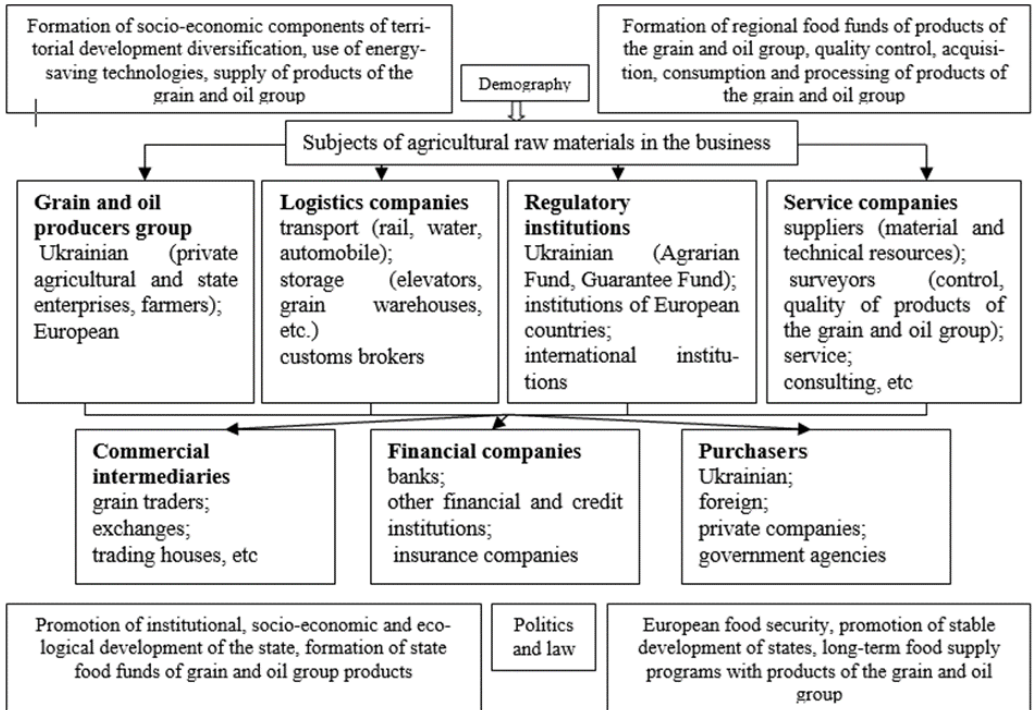


Figure 1. Food security of the country on the world market in products of the grain and oil group

Rycina 1. Bezpieczeństwo żywnościowe kraju na światowym rynku produktów grupy zbożowo-olejowej
Explanatory notes / Objasnienia:

Source: compiled by the authors based on data of Khomiuk [19]; Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Khomiuk [19].

Rapid changes and often unpredictable institutional and socio-economic fluctuations in the market business environment weaken the food system of the producers of the products of the grain and oil group and require ensuring a stable level of food security of the state, taking into account its sovereignty and the right to full resource provision in the logistics chains of the agro-raw material segment on the European market [16, 33]. Their explanatory weight is enhanced by the synergy of the four-dimensional interaction of the levels of food security:

level 1: ensuring food security (micro-, local level);

level 2: ensuring food security of the region (meso- or regional level);

level 3: ensuring food security of the state (national (nationwide) level);

level 4: ensuring European food security (mega-, global level)) [44].

A diagnosis of the state of food security of the state (rural territory or region) through the resource component of a simple or extended reproduction of the food system of agricultural producers can be carried out with the help of numerous economic

risk assessment and export assessment methods: indicator (forecast), resource-functional, program-target (complex) [20].

Savin and Karkh [35] assume that if (y_-) and (y_+) – are the minimum (min) and maximum (max) volumes of sales of the products of the grain and oil group on the European market, then (Ey) represents the average volume of grain and oil products groups that can be exported by producers to the European market from the total volume of production (S) , and c – the price of a unit of production. Accordingly, the cost of potential costs for insurance of the average volume of products of the grain and oil group, which can potentially be exported by producers to the European market at the probable economic risk of its loss, will be equal to $y_a = \alpha Ey$, where $0 \leq \alpha \leq 1$ is the coefficient. In this case, the total sum insured will be equal to CSy_a . The producer's insurance costs in case of probable loss of products of the grain and oil group will be equal to $\pi = \delta CSy_a$, where $0 \leq \delta \leq 1$ – is the rate of the insurance intermediary in the export agreement on the European market. Parameter $0 \leq \gamma \leq 1$ – means state support for producers from the budget.

Therefore, the producer must pay the insurance intermediaries the amount $(1 - \gamma)^\pi$; insurance compensation in the event of an economic risk will be equal to $r = cS(y - y_a)_+$. The subscript $(+)$ is the Heavy side function. If the value (y_a) is the insurance rate of the average volume of products of the grain and oil group that can be exported by the producer to the European market with the probability of occurrence $(P(y \leq y_a) = p_a)$, then the value $(1 - p_a)$ is the potential income of the producer of the grain and oil group from the export agreement on the European market; the probable value (p_a) is the income that will be compensated by the insurance intermediary.

Thus, commodity producers of agricultural production have two criteria for assessing stability: the average income received and the level of stability from the sale of products of the grain and oil group, which is set by the corresponding level of probability. At the same time, the application of the logistics system as a criterion for assessing the level of food security of producers of the grain and oil group allows to shorten the terms of cargo transportation, reduce the amount of crop loss, increase the economic effect and speed up resource provision for loss-free development in the current and future period [35]. The functioning of the logistics system for assessing the level of the food security of agricultural producers is presented in Figure 2.

A mathematical model of outsourcing (transportation service of the producers of the grain and oil group) is determined in order to improve the forecasting of indicators of the technological process of production (sale) of products. To build a mathematical model, the theory of mass service with certain limitations is used, transport service of the technological process of harvesting grain and oil group products by vehicles is

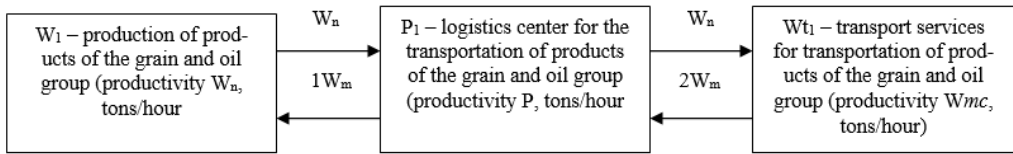


Figure 2. Functional scheme of the logistics system of the food security of commodity producers of the grain and oil group

Rycina 2. Schemat funkcjonalny systemu logistycznego bezpieczeństwa żywności producentów towarów z grupy zbóż i olejów

Explanatory notes / Objaśnienia:

developed by the authors based on data of Dybska & Sergejev [9]; Savin & Karkh [35]; opracowane przez autorów na podstawie danych Dybska & Sergejev [9]; Savin & Karkh [35].

considered as an unstable (random) process with fluctuations in productivity over time. The flow of requests for cargo transportation considered as the time interval between orders for transportation is a random variable, which is represented by formula (1):

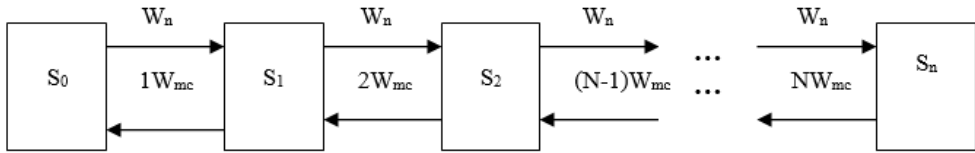
$$f(t) = \lambda^{-\lambda t}, \quad (1)$$

where: λ – the intensity of the flow of requests for cargo transportation, request/hour;

t – the current time in which the freight transportation process is simulated.

The service system of the logistics center is a single-channel mass service system, but the transport service system is a multi-channel system consisting of N channels of cargo transportation by n -cars. As a criterion for the intensive flow of applications for harvesting, transportation by means of vehicles of products of the grain and oil group, the total productivity of grain harvesting complexes is determined – W_{Π} , tons/hour (Fig. 2). The structural system of transport service for simple and extended reproduction of resources (stocks) of production (transportation) of commodity producers of the grain and oil group in the raw material segment of the market is multi-channel, consisting of n -cars (Fig. 3).

The presented structures of the models of the logistics center (Fig. 2) and the multi-channel transport service system (Fig. 3), according to the theory of operations research, are considered as graphs of states. At the initial stage, the state of the transport service system of the logistics center is determined (Fig. 2). Status W_1 – the system is waiting for the cargo; logistics center P_1 and vehicles $1W_{mc}$ are free. State P_1 – the logistics center forecasts the volume of transportation, routes, calculates the number of vehicles. State $1W_{mc}$ – all elements of the system, including vehicles, participate in the production and transportation of products.



Note. S_0, S_1, S_2, S_n – system status; W_{mc} – unit vehicle performance.

Figure 3. The structure of the multi-channel transport service system of commodity producers of the grain and oil group in the flow of simple and extended reproduction of production resources (stocks)

Rycina 3. Struktura wielokanałowego systemu usług transportowych producentów towarowych z grupy zbóż i olejów w przepływie reprodukcji prostej i rozszerzonej zasobów produkcyjnych (zapasów)

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on data of Dybska & Sergeev [9]; Savin & Karkh [35]; opracowane przez autorów na podstawie danych Dybska & Sergeev [9]; Savin & Karkh [35].

Arrows from left to right show the intensity of requests for cargo transportation, W_n ; arrows from right to left – the intensity of transport and logistics services. Based on the graph of the states of the logistics chain (Fig. 2), a system of differential equations is formed, which makes it possible to determine the probability of the system being in any of the states of the logistics chain.

The derivative of the probability of the state of the logistics chain is located on the left side of the equation; the right side contains the number of derivatives of the logistics chain, which are equal to the number of arrows in a given state. If the arrow is directed from the state of the logistics chain, then the corresponding derivative of the logistics chain has a "minus" sign, and if the arrow is directed to the state of the logistics chain – a "plus" sign is placed. Each derivative is equal to the product of the intensity by the probability of the state of the logistics chain from which the arrow originates [9, 35].

A system of differential equations is determined, according to Figure 2:

$$\frac{dp(W_1)}{dt} = -W_{np}(W_1) + W_{tp}(p_1), \quad (2)$$

$$\frac{dp(p_1)}{dt} = W_{np}(W_1) + W_{tp}(1W_m) - W_{tp}(p_1) - W_{np}(p_1),$$

$$\frac{dp(1W_m)}{dt} = -W_{tp}(W_1) + W_{np}(p_1), \quad (3)$$

Provided that at the initial time $t = 0$, then the derivatives on the left side of the equation of the system (3) will be equal to zero. Shifting the value with a minus sign to the left allows for obtaining a system of linear equations:

$$W_{np}(W_1) = W_{mp}(p_1),$$

$$(W_m + W_n) \times p(p1) = W_{np}(W1) + W_{tp}(1W_m)$$

$$W_{tp}(1W_m) = W_{np}(p1), \quad (4)$$

The equation (4) allows for the determination of the state probability through the derivative $p(W1)$.

From the first equation we obtain:

$$p(p1) = \frac{W_n}{W_m} \times p(1W), \quad (5)$$

From the third equation we obtain:

$$p(1W_m) = \frac{W_n^2}{W_m^2} \times p(1W), \quad (6)$$

Taking into account the condition that the sum of all probabilities is equal to one, then the equation (7) will be as follows:

$$p(1W_m) + \frac{W_n}{W_m} \times p(W_1) + \frac{W_n^2}{W_m^2} \times p(W_1) = 1, \quad (7)$$

The equation (7) allows for the determination of the state probability through the derivative $p(W_1)$.

$$p(W_1) = \frac{1}{1 + \frac{W_n}{W_m} + \frac{W_n^2}{W_m^2}}, \quad (8)$$

The equations (5), (6) and (7) make it possible to model the services of a logistics center for the transport service of commodity producers of the grain and oil group, with the determination of the probabilities of being in one of the states of the logistics chain directed to the agro-raw market segment. In the above formulas, the W_{mc} parameter is used, which characterizes the intensity of the fulfillment of requests for transportation, which depends on the number of vehicles, their carrying capacity and the distance of cargo transportation. To develop a mathematical model of the functioning of vehicles, one has to consider the structure of a multi-channel transport service system (Fig. 3).

The state of the multi-channel system of transport service for commodity producers of the grain and oil group in the logistics chain of the simple and advanced reproduction of production resources (stocks) is determined by the following derivatives. Where: S_0 – all n -cars are free and waiting for cargo; S_1 – one car is running the remaining n -cars are free; S_2 – two cars are running, n -cars are free; S_n – all n -cars are running, there are no free vehicles.

From state to state by arrows from left to right, the system transfers the intensity of the flow of requests for cargo transportation. Accordingly, the intensity of the flow of applications (W_n) is defined as the total productivity of collection complexes and is calculated in tons per hour. Arrows from right to left indicate the intensity of the service of collection complexes by cars.

At the same time, Figure 3 shows that when one car is working, the maintenance intensity is equal to the car's productivity (W_{mc_i}); in the presence of n-cars, the service intensity will be equal to ($N \times W_{mc_i}$). That is,

$$\begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= -W_{np_0} + W_{mc}p_1 \\ \frac{dp_1}{dt} &= -(W_n + W_{mc}) \times p_1 + W_{np_0} + 2W_{mc}p_2, \\ \frac{dp_2}{dt} &= -(W_n + 2W_{mc}) \times p_2 + W_{np_1} + 3W_{mc}p_3, \\ &\dots \dots \dots \dots \\ \frac{dp_n}{dt} &= -NW_{mc}p_n + W_{np_{n-1}}, \end{aligned} \quad (9)$$

Applying the condition that at the initial moment of time at $t = 0$, all probable derivatives are equal to zero, we rewrite the system of equations in the form of a system of linear equations:

$$\begin{aligned} W_{np_0} &= W_{mc}p_1 \\ (W_n + W_{mc}) \times p_1 &= W_{np_0} + 2W_{mc}p_2, \\ (W_n + 2W_{mc}) \times p_2 &= W_{np_1} + 3W_{mc}p_3, \\ NW_{mc}p_n &= W_{np_{n-1}}, \end{aligned} \quad (10)$$

The derivative (p_1) is through the derivative (p_1) of the first equation.

$$p_1 = \frac{W_n}{W_{mc}} \times p_0, \quad (11)$$

Substituting successively into other equations, we obtain:

$$p_2 = \frac{W_n^2}{W_{mc} \times W_{mc}} \times p_0, \quad (12)$$

$$p_3 = \frac{W_n^2}{W_{mc} \times 2W_{mc} \times 3W_{mc}} \times p_0, \quad (13)$$

$$p_n = \frac{W_n^2}{W_{mc} \times 2W_{mc} \times NW_{mc}} \times p_0, \quad (14)$$

Or, in general, the expression for determining the probability of events in the system can be written as follows:

$$p_n = \frac{(W_n/W_{mc})^N}{N_i} \times p_0, \quad (15)$$

Applying the condition that at $t > 0$ the sum of all probabilities of the system is equal to one:

$$p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_{n=1}, \quad (16)$$

Given the equation (16) value of the probability of system events, we obtain an expression for p_0 :

$$p_0 = \frac{1}{1 + \frac{(W_n/W_{mc})}{1} + \frac{(W_n/W_{mc})^2}{2} + \dots + \frac{(W_n/W_{mc})^{N_i}}{N_i}}, \quad (17)$$

Applying the obtained expressions (11) ÷ (17), it is possible to determine the required performance of the transport service system:

$$W_m = W_n(1 - p_n), \quad (18)$$

The required number of vehicles for the operation of the transport service system can be determined by the expression:

$$N = \frac{W_n}{W_{mc}}(1 - p_n), \quad (19)$$

On the basis of the equation (18), the productivity of the transport service system is determined and the logistics chains of the flow of agricultural raw materials to the market are modeled using the equations (5), (6) and (8). That is, the power of logistics chains is equal to the productivity of the transport service system. At the same time, the transport service system, consisting of n-cars, is outsourced during the current period and is formed by the logistics center. All formulas and equations provided above are based on research by Dybska and Sergejev [9] and Savin and Karkh [35].

Results

The change in the processes of agricultural production and in the logistics chains of the supply of agricultural raw materials of the grain and oil group from Ukraine to the European market was caused by the full-scale military invasion of the aggressor country on the territory of the state [25]. This provoked a threatening downward trend in the level of food security in the country on the domestic market, which in 2022 became critical in relation to the level of 2021. According to the data provided by Mo-EDT [28], FAO [11] and SSSU [37], the total amount of agricultural products produced in the country for 2019 ÷ 2021 increased three times, the yield two-and-a-half times. Before the war period (2019 ÷ 2021), the area of agricultural land in Ukraine, including the area of leased land plots, which had been cultivated by agricultural raw material entities and which ensured the country's food security, had increased by 2.6 %. However, due to the occupation of certain regions of Ukraine by the aggressor country, in 2022 their share decreased in relation to the level of 2021 by 29 % (Fig. 4).

A significant share (more than 40 %) of the production of crops of the grain group in Ukraine is formed by winter crops of wheat, barley and rye. Taking into account the fact that the sowing of these crops had taken place before the beginning of the war in the country, it is advisable to start with the prospects of the winter wedge. In 2020 ÷ 2022, in the total structure of crops, winter grain crops accounted for 51 % on average and ranged from 7.6 to 8.2 million hectares. For the 2022 harvest, 7.6 million

hectares of winter grain crops were sown, which is 7 % lower than in 2021 (8.2 million hectares), and practically the same as the area in 2020. Including the area under winter wheat under the harvest in 2022, which was 6.5 million hectares (-5 % compared to the 2021 figure), under winter barley – 969.0 thousand hectares (-15 %) and under rye – 108.5 thousand hectares (-39 %) [25].

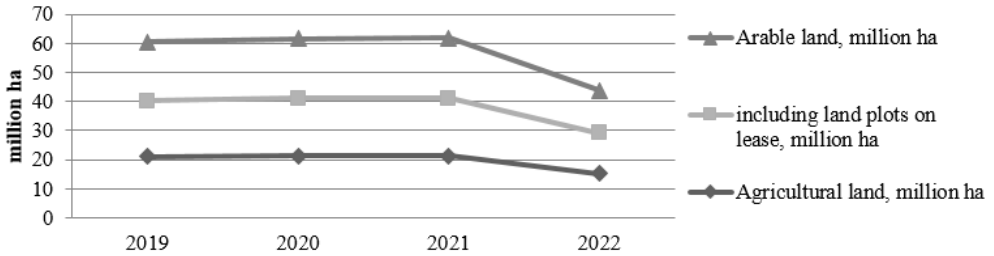


Figure 4. Area of agricultural land cultivated by agricultural raw material entities of Ukraine for 2017 ÷ 2022 [million hectares]

Rycina 4. Powierzchnia gruntów rolnych uprawianych przez podmioty surowcowe Ukrainy w latach 2017 ÷ 2022 [mln ha]

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]

Unfortunately, the military actions in Ukraine led to a significant reduction in the area of commodity producers of the grain group, which were potentially available for the collection and transportation of agricultural raw materials by logistics centers on the territory of the country.

A large part of the land was beyond the limit of the physical possibility of its cultivation. First of all, these are the territories of the Kherson, Donetsk, Luhansk, Zaporizhzhya, Mykolaiv, Kharkiv, Sumy, Chernihiv and Kyiv regions. Losses of crops of winter grain crops reached 41 %, which corresponds to 3.1 million hectares (Fig. 5). For these reasons, subjects of agro-raw materials did not receive 78.5 % of the harvest of winter grain crops. In 2019 ÷ 2021, the area of spring grain crops in Ukraine ranged from 7.5 to 7.8 million hectares. However, the beginning of the war and its consequences led to a significant adjustment in the structure of cultivated areas in 2022.

Increased demand from processing enterprises to ensure Ukraine's food security, commodity producers of the grain agro-raw materials group replanned the structure of crops in 2022. First of all, this concerned wheat, barley and cereal crops, such as buckwheat, millet, oats, etc. Due to military operations, the country lacked the opportunity to fully export corn (a key product of the grain group for Ukraine), with a record harvest of 41.9 million tons. However, even with high losses, the reserves of this agricultural raw material are estimated at 13.5 million tons, which is 6.6 times more than in

2021 [25]. At the same time, with low exports, it was quite difficult to implement such a volume of supply, which led to a decrease prices on the domestic market. External demand for corn can return to a high level only if sea ports are restored and safe access to them provided, which, taking into account the risks for ship-owners and the damage to the transport infrastructure in Ukraine, is not a fast enough prospect.

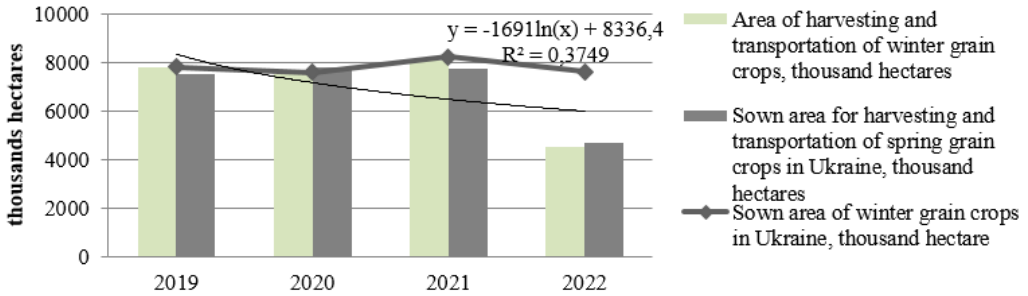


Figure 5. Winter grain crop cultivation and logistics review (2019 ÷ 2022)

Rycina 5. Przegląd uprawy zbóż ozimych i logistyki (2019 ÷ 2022)

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]

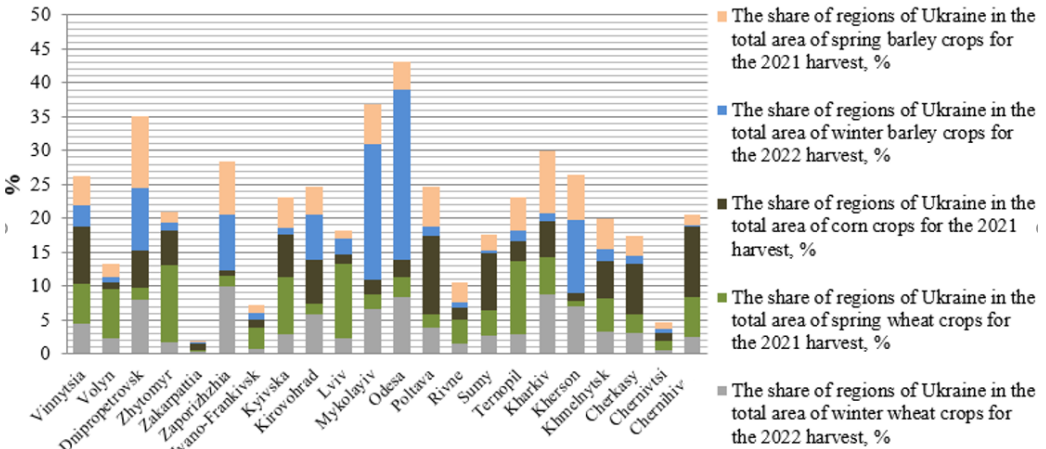


Figure 6. The share of regions of Ukraine in the total area of crops of the grain group for the 2021 ÷ 2022 harvest

Rycina 6. Udział obwodów Ukrainy w ogólnej powierzchni upraw grupy zbożowej na zbiory 2021 ÷ 2022)

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]

The regional distribution of sown areas under the main crops shows that almost 51 % of the total sown area of the crop was sown with winter wheat for the 2022 harvest in the most dangerous areas. Therefore, the projected losses of areas under winter crops are so significant (Fig. 6).

In the regions of Ukraine in 2021, the share of spring wheat acreage was concentrated in dangerous areas, hence the loss of agricultural raw materials of this group is estimated at 30 %. However, there are prospects for expanding the area under spring wheat in relatively safe regions (Zhytomyr, Ternopil and Vinnytsia regions are among the TOP-6 regions of Ukraine in terms of the area planted with spring varieties with established production technology), where its average yield is traditionally observed.

In 2021, the area of corn crops between the regions of Ukraine was concentrated in dangerous areas (more than 36 % of the total area of crops of the grain group was sown). The Chernihiv, Sumy and Kyiv regions were the most important, where more than 25 % of corn crops were planted. In 2022, these leading regions left the logistics chain of corn supply to the European market. In addition, taking into account the low market incentives and the high energy intensity of the production of this crop in the relatively safe regions of Ukraine [1], there was no expansion of crops for this export agro-raw material, with the aim of compensating the areas unavailable for cultivation (Fig. 7).

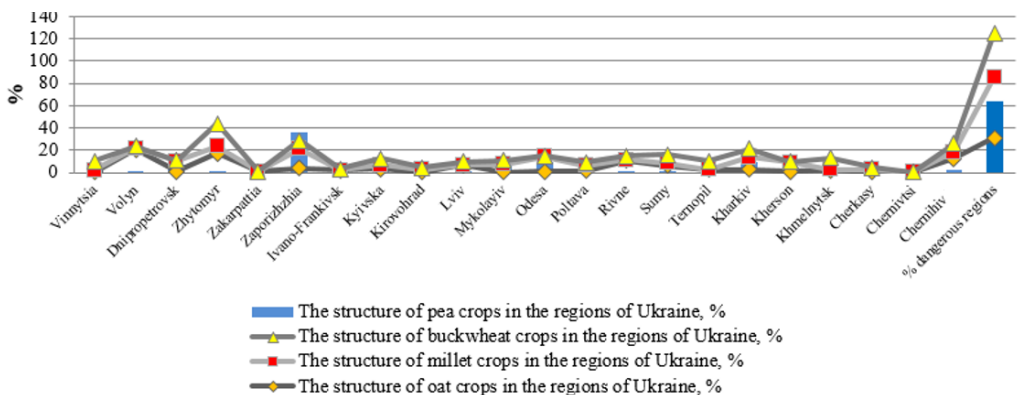


Figure 7. The structure of grain crops and their total share in dangerous regions of Ukraine in 2022
Rycina 7. Struktura upraw zbóż i ich łączny udział w niebezpiecznych rejonach Ukrainy w 2022 roku
Explanatory notes / objaśnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]

In the agro-raw materials segment of both the domestic and European markets, a rather difficult situation with the supply of barley was observed. First, the distribution between winter and summer crops was formed in the ratio of 45 % to 55 %, respective-

ly; secondly, a significant share of winter and spring crops is located in dangerous regions. Thus, the total share of winter barley crops for the 2022 harvest in dangerous regions equaled almost 44 % of the total area. The share of spring crops in 2021 in these regions was almost 49 %. Moreover, crops are highly consolidated. It should be noted that from 2022, five of the TOP-6 regions of Ukraine for spring barley crops are currently unsafe, which is a significant limitation for ensuring the country's food security. The Poltava, Ternopil, Vinnytsia and Khmelnytskyi regions are potential regions of Ukraine where the expansion of this crop of the grain group is possible, in which a sufficiently high yield of spring barley is traditionally formed (Fig. 6).

In the agro-raw materials segment of both the domestic and European markets, cereal crops should be singled out, the increase in the sown areas of which can to some extent compensate for the expected reduction in crops such as corn and sunflower. However, in this agro-raw material segment of the market, a significant share of the area was also formed in dangerous regions of Ukraine, which cannot be used due to the military conflict with the aggressor country (Fig. 7).

It should be noted that in dangerous regions of Ukraine, 31.2 % of the agricultural land area was concentrated under oats, 51.1 % under millet, 39.6 % under buckwheat, and 63.9 % under peas. The largest part of oat production in 2019 ÷ 2021 was concentrated in the North of Ukraine - in the Zhytomyr, Volyn, Chernihiv, Rivne and Sumy regions. In 2022, the loss of the harvest of this crop in the Sumy and Chernihiv regions, as a result of active hostilities, was compensated by the producers of agricultural production, due to the expansion of the sown areas under grain crops in the Khmelnytskyi, Poltava, Ternopil and Vinnytsia regions, where high yields were recorded in the past oats. The production of millet in Ukraine was increased due to the increase in its sown areas in the Khmelnytskyi, Vinnytsia, Cherkasy and Poltava regions, in which in 2019 ÷ 2021 the highest yield was recorded – in the range of 32 ÷ 25 quintals per hectare - with the average yield in Ukraine being equal to 19 quintals per hectare.

The losses of areas under buckwheat due to the impossibility of its production in the Sumy, Kyiv and Chernihiv regions were compensated by producers of agricultural production due to an increase in the area under this crop in the Khmelnytskyi, Rivne and Vinnytsia regions, in which high indicators were recorded in 2019 ÷ 2021 productivity – at the level of 13.6 ÷ 16.4 quintals per hectare. In general, in 2022, the sown area under dry crops was only 4.7 million hectares, which is 39 % less than in 2021 (7.7 million hectares) [25]. Compared to 2021, corn planting decreased by 43 % to 3.1 million hectares, spring barley by 27 % to 972.1 thousand hectares, spring wheat by 23 % to 147.3 thousand hectares. There was a significant reduction in the area sown under grain crops: oats – by 28 % (to 127.4 thousand hectares), buckwheat – by 41 % (to 49.4 thousand hectares), millet – by 24 % (to 59.4 thousand hectares), peas – by 51 % (up to 119.2 thousand hectares) [18].

Considering the new realities for Ukrainian producers in 2022, due to military actions, sunflower, like corn, will lose its strategic logistics chain on the European market. This is, first of all, due to a significant reduction in sunflower oil export volumes and the suspension of oil production enterprises. Thus, about 93 % of the total production volume of sunflower oil was exported to the European and world markets. At the moment, Ukrainian ports remain blocked, the export potential of this product has significantly decreased and, as a result, processing enterprises, adapting to new volumes of demand for oil, reduce processing volumes or "look closely" at the market for the feasibility of resuming work. Unfortunately, there is a high probability that the prices of one of the most high-margin crops of the last decade – sunflower – in 2023 may "drown" in the volume of supply that may be formed due to large residues and new crops.

Sunflower oil is an important product both for the Ukrainian market and for many countries on different continents. After the disruption of the logistics chain of sales of these products from Ukraine, the booming demand in the world will stimulate the expansion of areas under sunflower in key (after Ukraine) regions [22]. However, it will not be possible to completely replace Ukrainian sunflower oil since the volume of product deliveries from Ukraine is about half of all world exports for the season; it is physically impossible to compensate for such volumes in such a short period of time, therefore the demand for Ukrainian oil and sunflower will also be present on the European market, but with significant limited logistical difficulties.

At the same time, it is worth noting that there will be no significant change in the plans of commodity producers regarding sunflower cultivation. Most of the commodity producers bought the seed they needed even before the start of the war or paid and are waiting for delivery and do not intend to change their plans due to financial possibilities and other factors (crop rotation, proximity to the sales market, etc.). In addition, in the conditions of a shortage of seed material, the supply of sunflower seeds is the most widespread among the oil group, so real deliveries will be expected during the first decade of April 2023.

The situation in the temporarily occupied regions is different and even worse – where almost continuous hostilities are taking place. The situation changes every day and it is very difficult to predict where sunflower sowing can go through at least partially, and where it is completely dangerous to go into the field. As of the end of March 2023, a significant part of the hostilities in the country is concentrated in the Southern regions of cultivation of crops of the oil group (Mykolaiv, Kherson, Zaporizhzhya regions) and Eastern regions (Kharkiv, Donetsk and Luhansk regions).

The sown area under sunflower in Ukraine for the 2022 harvest will decrease to the minimum level and is about 4.2 million hectares (-38% by 2021) [25]. The cultivation of this culture in the Central and Western parts of the country is also at risk due to

logistical gaps following from the lack of economically active labor resources, as the significant number of people joined the Armed Forces of Ukraine. In 2022, sunflower production in Ukraine reached 9 million tons. This is enough to ensure food security and satisfy domestic needs for oil, as well as export products through current logistics routes to European countries. A significant decrease in the production of this agricultural raw material was partially compensated by significant residues of oil products from 2021, due to the closure of many factories and a decrease in processing volumes in 2022.

Given the above-mentioned factors, the total area of crops of the oil group was expected to decrease to about 6.8 ÷ 6.9 million hectares in 2022, taking into account the areas already sown under winter rapeseed (1.4 million hectares), equal to the level of 2010. The main share remained for sunflower – 61 % (73 % in 2021), while around 21 % and 17 % were occupied by rapeseed and soybeans, respectively (12 % and 15 % in 2021) (Fig. 8).

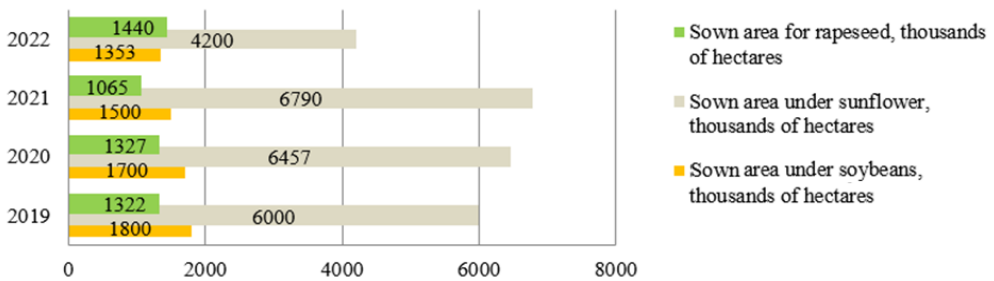


Figure 8. Area of oil crops in Ukraine for 2019 ÷ 2022 [thousand hectares]

Rycyna 8. Powierzchnia upraw oleistych na Ukrainie w latach 2019 ÷ 2022 [tys. ha]

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37].

Soybean sowing area has slightly decreased, since the main areas for growing this crop are the Central and Western regions. It is impossible to use 20 % of the area for this culture in the occupied regions of Ukraine. From the point of view of the state's food security strategy, soy provides the livestock industry with protein feed, which in a critical situation can be replaced by sunflower meal or forage group of cereals, but only partially and not in all directions [26]. In 2022, the total area under soybean cultivation decreased by 11 % compared to 2021, and was equal to 1.2 million hectares.

In 2022, Ukrainian commodity producers sowed only 1.4 million hectares due to military measures; about 37 % of this area is located in regions with active hostilities, as a result of which a significant share of crops has been lost due to mines or other factors influencing military operations. Only 2 ÷ 3 % of the total area is sown with

spring varieties of rape, and this is 20 thousand hectares. Due to the reduction of the cultivation area, the yield of rapeseed in the overall production structure of the oil group in 2022 amounted to no more than 2.5 million tons, which is 21 % less than in 2021 and is the minimum level for the last four years (Fig. 9).

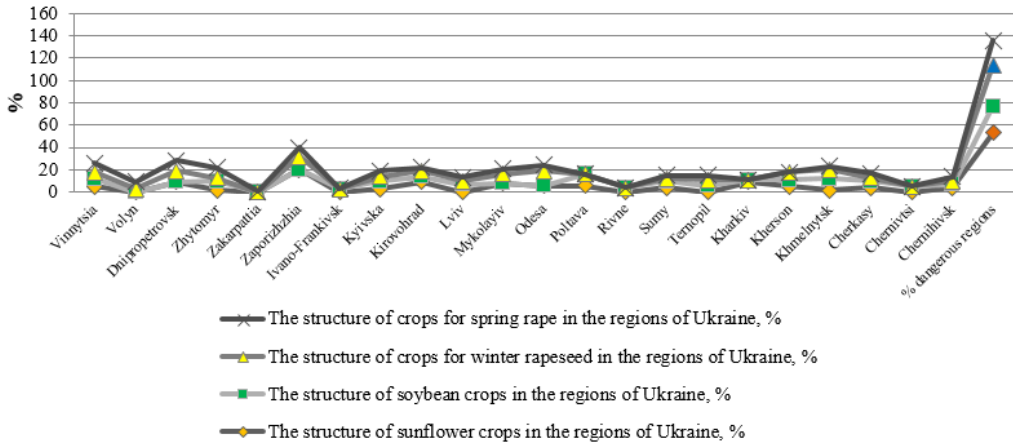


Figure 9. The structure of oil crops and their total share in dangerous regions of Ukraine in 2022

Rycina 9. Struktura upraw roślin oleistych i ich łączny udział w niebezpiecznych rejonach Ukrainy w 2022 roku

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37].

The modern degree of the development of food security of agricultural production and logistics of commodity producers of the grain and oil group is determined by innovativeness (use of innovative developments); self-organization (formation of organizational structures adequate to market dynamics); competence (development of those areas of activity in which subjects of agricultural raw materials have the greatest competitive advantages); virtuality and interaction (participation in various network structures, logistics chains, use of digital technologies). The ability to produce and deliver value to consumers, as a condition for achieving food security, is the basis of the model of four levels of value for the customer. The model of the structure of value for the client is built on the basis of the classical concept of the structure of the product (service), as well as the concept of four levels of the brand.

According to the concept of this model, it is possible to determine four levels of the cost of logistics center services in the process of ensuring the food security of commodity producers of the grain and oil group in modern markets (Fig. 10). These are: the core value level, the incremental value level, the customer service-enhanced value level and the relationship-based value level.

			The value of relationships in the market
		Extended cost of service (related services)	Extended cost of service (related services)
	The cost is additional	The cost is additional	The cost is additional
The price is basic	The price is basic	The price is basic	The price is basic
Level – 1	Level – 2	Level – 3	Level – 4

Figure 10. The levels of the cost of services of logistics intermediaries to ensure food security of producers of grain and oil products on the market

Rycina 10. Poziomy kosztów usług pośredników logistycznych zapewniających bezpieczeństwo żywnościowe producentów zbóż i produktów olejowych na rynku

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of Krykavskiy et al. [23]; opracowane przez autorów na podstawie danych Krykavskiy et al. [23].

The first level of food security cost of grain and oil group producers on the market is provided to logistics intermediaries when concluding contracts for the provision of services, at the current tariff rate (grain storage, unloading and loading of grain onto vehicles, weighing, conducting analyzes to determine grain characteristics). The second level of the cost of food security of commodity producers of the grain and oil group on the market is formed from additional value (additional services). Additional value is formed by services (drying, cleaning, threshing and calibration of raw materials of the grain and oil group), as well as service costs (advance payment, monthly, deferred payments, etc.), other costs (loss of time, inconvenience, negative emotions, irritation and inconvenience when receiving services).

The third level of the cost of food security of producers of grain and oil products on the market (related services) consists of services that accompany the sale – market monitoring of agro-raw materials of the grain and oil group, consulting, transportation, service, equipment rental, commodity lending (fuel and lubricant materials, fertilizers, etc.). These services are a source of additional values, as well as additional costs of commodity producers of the grain and oil group on the market. The fourth level of food security of commodity producers of the grain and oil group in the market is the costs associated between the commodity producers of the grain and oil group and logistics intermediaries in the distribution channels [23].

Examining the cost structure of the food security of producers of grain and oil products on the market through the prism of the differentiation of logistics chains with growing needs for resource provision allows us to single out high competitive advantages of the commercialization of innovative ideas in the integrated models of strategic networks, which simultaneously focus on the internal characteristics of the reproduc-

tion process in the agro-raw material segment of the state market and its connection with the European market [41].

The reproductive process of logistics chains in the agro-raw materials segment of the European market should be carried out through the potential of the food system (PPS) of agricultural producers, which ensures the stability of the food security of the state (region or rural areas), and which, by its very nature, has a dynamic-cyclical nature, the duration of which is at least a year [39]. Depending on strategic programs for the development of agriculture, the process of long-term (continuous) reproduction of logistics chains in the agro-raw material segment of the world market is foreseen. At the same time, PPP restoration depends not only on the quantitative and qualitative properties of the resource component of food security, but also on its level in space and time. Taking into account the above, the process of the reproduction of the PPS of commodity producers of the grain and oil group is presented in the logistics chains of the agro-raw material segment of the European market, presented in Figure 11.

Thus, from the position of the past period, the potential of the food system of commodity producers of the grain and oil group is determined by the totality of resources mobilized by the subjects of the agro-raw material segment on the European market and is characterized as achieved (PFS1). Depending on the areas of potential use, namely: simple or extended reproduction of the food system of commodity producers, logistics chains in the agro-raw material segment of the world market enable the distribution, exchange and use of resources; resources used in the past activate reserves to determine the current level of the potential of the food system (PFS2). According to the specific characteristics, it is the available (actual) potential of the food system of commodity producers of the grain and oil group. At the same time, the current potential of the food system can be reproduced both at the already achieved level, or below it ($PFS2 \leq PFS1$), and at a higher level ($PFS2 > PFS1$).

The state regulation of the potential of the food system of commodity producers of the grain and oil group allows for ensuring the guarantees of the budgetary financing of economic activities with time limits to determine their potential state of economic growth and break-even development in order to eliminate the shortcomings of the current procedure for the selection of alternative innovative developments of agricultural production, for the cultivation of products of the grain and oil group, the implementation of which is carried out through logistics centers according to the norms and rules of the customs policy of various countries of the world. This allows for predicting the expected effect from the sale of products, without losing interested parties in the reproduction of agricultural production.

Therefore, it is advisable to define the future state of the potential of the food system of commodity producers of the grain and oil group as prospective ($PFS3 > PFS2 > PFS1$), that is, one that is oriented towards achieving a higher level. However, as alrea-

dy noted, depending on the conditions and results of the logistics chains in the agro-raw materials segment of the world market, the functioning of commodity producers of the grain and oil group in the previous periods may lead to a change in the state of the potential of the food system in the future and characterize this process as a simple reproduction of resource provision ($PFS3 \leq PFS1$).

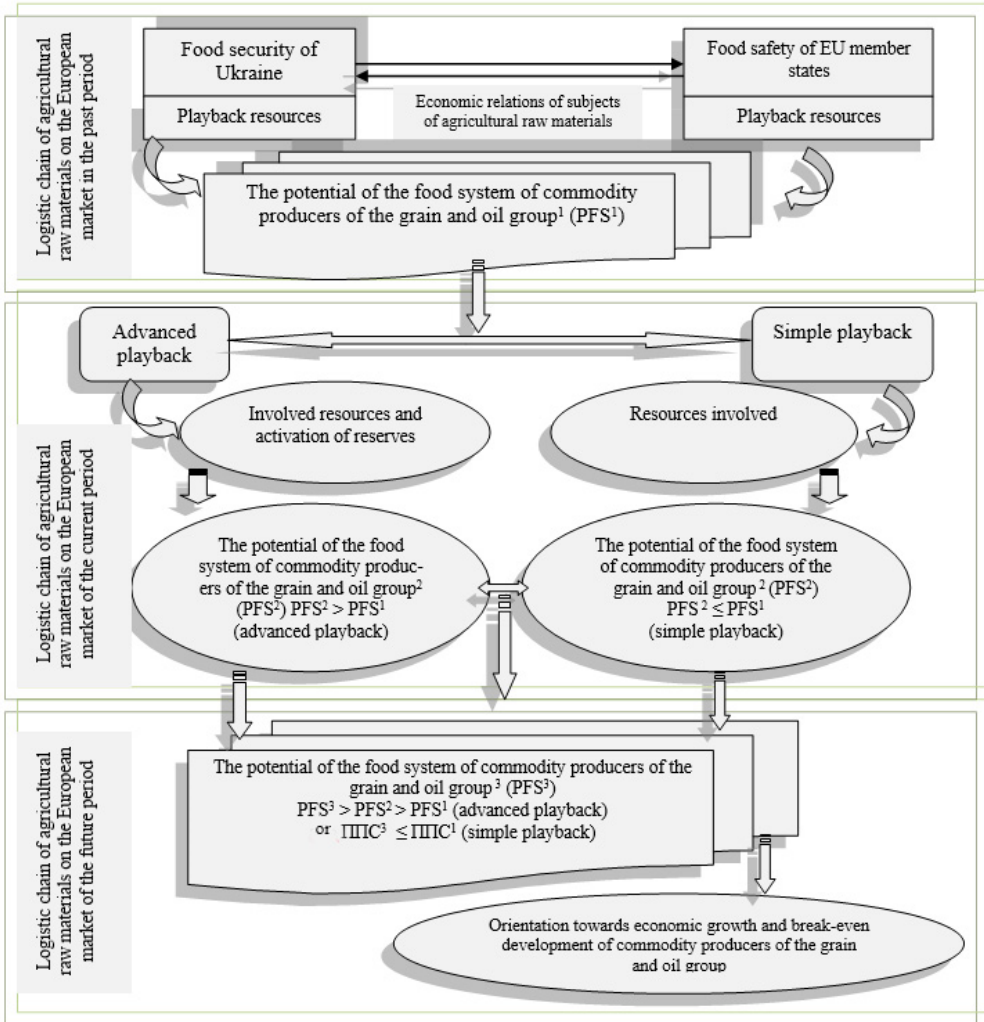


Figure 11. The restoration of agricultural and raw material potential: logistics chains of grain and oil producers in the European food system

Rycina 11. Odbudowa potencjału rolno-surowcowego: łańcuchy logistyczne producentów zbóż i oleju w europejskim systemie żywnościowym

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors; opracowane przez autorów.

Summarizing the above, we note that the resource component of the state's food security implies the presence of potential reserves, the use of which is impossible without an optimal combination of the forms of attracting resources into the food system of commodity producers of the grain and oil group (self-financing, lending and budget financing). This makes it necessary to carry out a study on the methodology of assessing the sustainability of the potential of break-even development, determining its optimal level for stabilizing the functioning and economic growth of commodity producers.

The logistics chain of agricultural raw materials of Ukraine on the European market in 2022 depended on the following factors: the development of the situation in the country due to the deployment of terrorist and military aggression by Russia; the intensification of hostilities in the Southern, Eastern and Northern regions and constant change of front lines; the mining of a large part of territories, including agricultural land; logistical gaps in the transportation of agricultural raw materials (destroyed roads and a shortage of fuel and drivers, as a result of which the delivery of seeds to commodity producers was significantly complicated; financing – many commodity producers of the grain and oil group expected to sell stocks of grain or oil crops in the spring before sowing to replenish circulating resources. This issue is particularly acute in the regions which are close to the front line, where trade is very weak; the availability of resources – not being able to prepare properly and taking into account logistical problems, commodity producers use resources available in their region [40].

The analysis of the supply of resources showed that there is a shortage of seed supply in the regions. This issue is the most critical for the production of corn and sunflower, where the share of imported seeds in the total seed fund was formed at the level of 15 ÷ 20 % for corn and at the level of 50 ÷ 60 % for sunflower seeds. At the same time, active import is carried out every year between October and April, and mainly from EU countries. According to the data of the customs service, in the third quarter of 2022, 20.6 thousand tons of corn seeds were imported into Ukraine, which is 85 % more than the volume of imports in 2021 (11.2 thousand tons). That is, the corn seeds imported in 2021 accounted for more than 12 % of the projected volume of the seed fund.

Taking into account the expected reduction in the area of corn for the 2022 harvest, the share of imported seeds only from October to February reached 28 % of the total volume of the seed fund. Thus, this trend demonstrates a high level of supply of imported seeds, but the issue of logistical delivery of ordered batches of corn seeds to Ukrainian producers, which are under constant fire from the terrorist country, remains open. The volume of sunflower seed imports between October and February 2022 amounted to 14.1 thousand tons, which almost corresponds to the level of 2021 (14.3

thousand tons). Given the reduction of areas under sunflower, even these volumes already cover more than 67 % of the need for seeds of this crop.

In addition, it should be noted once again that both corn and sunflower seeds are supplied mainly from EU countries, and, in the presence of a stable land connection, the volume of logistics deliveries can be increased until the end of the sowing season. Moreover, European companies have announced the possibility of assistance in obtaining seed material for Ukrainian producers. At the same time, only 18 % of commodity producers have not fully formed their seed fund and need help with providing this resource [19]. Thus, more than 80 % of farmers in relatively safe regions are provided with seeds, and the existing problems are mostly caused by complicated internal logistics.

The sufficiency of grain stocks in state resources (the ratio between the amount of food grain in the state food reserve and the amount of domestic consumption of bread and bread products by the population in terms of grain) has a threshold criterion of 17 % (Fig. 12).

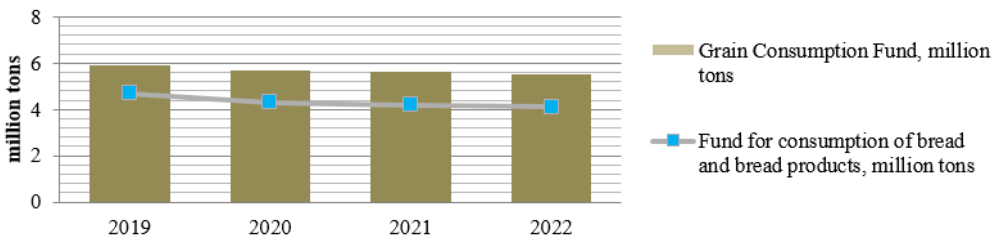


Figure 12. The volume of grain reserves in state resources of Ukraine for 2019 ÷ 2022

Rycina 12. Wielkość zapasów zbóż w zasobach państwowych Ukrainy na lata 2019 ÷ 2022

Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych MoEDT [28], FAO [11], SSSU [37].

The deepening of the free trade zone of Ukraine with EU countries has a duration from 2016 to 2026 and is based on mandatory processes of convergence of the international business environment with different levels of state stimulation of the export-oriented domestic market with products of the grain and oil group in accordance with current rules and regulations [42]. This is manifested by access to markets without customs restrictions within the framework of tariff quotas when importing Ukrainian products of the grain and oil group to EU member states. The tariff quota for trade with EU countries is calculated by canceling 83.1 % of tariff lines in the process of export to their territory and 35.2 % of tariff lines when importing European products to the territory of Ukraine. That is, Ukrainian agricultural producers have been given the opportunity to adapt to highly competitive European markets [27]. Thus, according to the

agreement with the EU, Ukrainian exporters can import products of the grain and oil group to Community countries within the established tariff quotas without paying import duties. The dynamics of permissible volumes of duty-free exports and their possible increase are presented in Figure 13.

Despite the critical situation provoked by the aggressor country in the food security of the country, Ukrainian producers fulfill their obligations to ensure the sustainable potential of the food system, which is integrated into the synergized logistics supply chains of high-quality agro-raw materials of the grain and oil group on the European market.

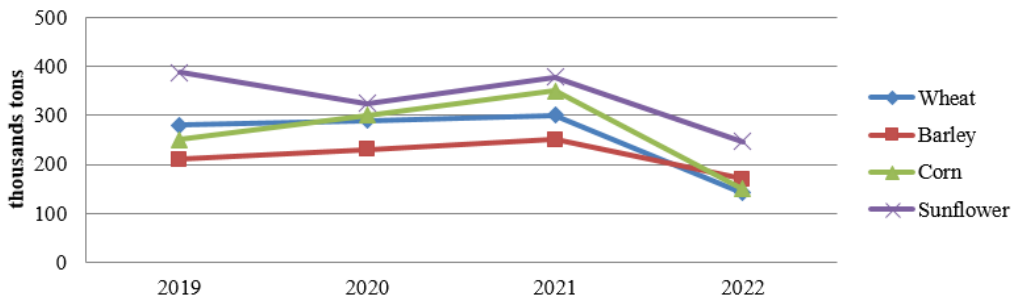


Figure 13. The dynamics of permissible volumes of duty-free exports and their possible increase
Rycina 13. Dynamika dopuszczalnych wolumenów bezcłowego eksportu i ich możliwy wzrost
Explanatory notes / Objasnienia:

developed by the authors based on the data of the Committee on World Food Security [8], Global Survey Hub [12], International Fund for Agricultural Development [18], MoEDT [28], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych Committee on World Food Security [8], Global Survey Hub [12], International Fund for Agricultural Development [18], MoEDT [28], SSSU [37].

Foreign trade in Ukrainian agricultural raw materials of the grain and oil group in 2022 made it possible to partially balance the supply of strategic products and increase exports by 9.5 %, imports by 20.5 % due to the convergence of the international business environment, with an equal partnership with an export-oriented direction, such as the European market, and to the domestic market (Fig. 14).

The majority of the export of agricultural raw materials comprises the volume of production of wheat – 40.5 %, corn – 52.8 %, sunflower – 40.4 %, soybean – 36.4 %. The Top 5 European countries in terms of exports of Ukrainian agricultural raw materials include: Poland – EUR 3.99 billion, Italy – EUR 2.49 billion, Germany – EUR 2.03 billion, Romania and the Czech Republic – EUR 1.13 billion. The largest share of the import of agricultural raw materials to Ukraine was sent from Germany – for EUR 4.52 billion, from Poland – for EUR 3.54 billion, from Italy – for EUR 1.78 billion, from France – for EUR 1.28 billion, from Hungary – for EUR 1.22 billion and from the Czech Republic – for EUR 1.01 billion.

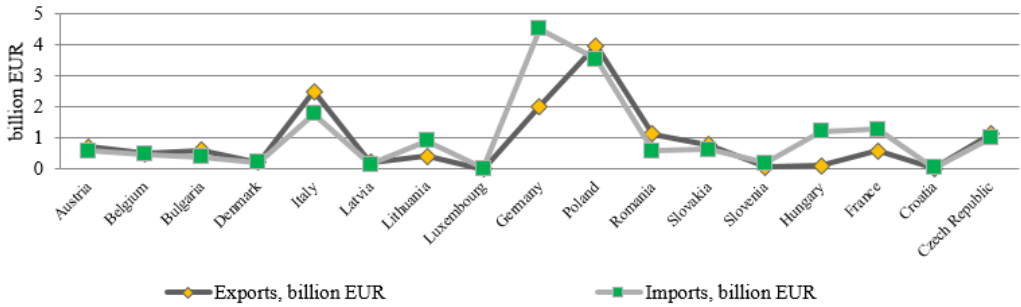


Figure 14. The tariff quotas of Ukraine on the volume of duty-free export of products of the grain and oil group in 2022

Rycina 14. Kontyngenty taryfowe Ukrainy dotyczące wielkości bezcłowego eksportu produktów grupy zbożowo-olejowej w 2022 r.

Explanatory notes / Objaśnienia:

developed by the authors based on the data Committee on World Food Security [8], Global Survey Hub [12], International Fund for Agricultural Development [18], MoEDT [28], SSSU [37]; opracowane przez autorów na podstawie danych Committee on World Food Security [8], Global Survey Hub [12], International Fund for Agricultural Development [18], MoEDT [28], SSSU [37].

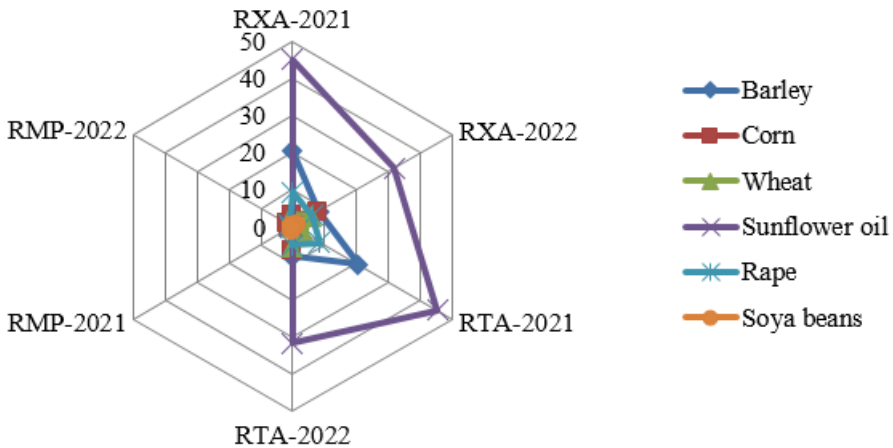


Figure 15. The sustainability assessment of Ukrainian agricultural producers' food system in logistics supply chains for grain and oil exports to the European market

Rycina 15. Ocena zrównoważonego rozwoju systemu żywnościowego ukraińskich producentów rolnych w logistycznych łańcuchach dostaw eksportu zbóż i oleju na rynek europejski

Explanatory notes / Objaśnienia:

developed by the authors; opracowane przez autorów.

Using the index of export competitiveness (RXA), the index of dependence of the country's food security on imports (RMP) and the index of relative trade advantages (RTA), the level of sustainability of the food system of commodity producers in the

logistics supply chains of export-oriented types of products of the grain and oil group (wheat, barley, corn) was determined, sunflower oil, rapeseed, soybeans) on the European market [6, 10]. Preference indices for 2021 ÷ 2022 are presented in Figure 15.

Thus, during the studied period, the RTA index shows that the most competitive types of products are: sunflower oil, which in 2022 had a relative trade advantage of 31.6, barley – 8.0, and corn – 6.4. However, for the period of 2021 ÷ 2022, a downward trend of the RTA index is observed, in particular for barley – a decrease by two-and-a-half times, for rapeseed – by 40.6 %, for sunflower oil – by almost one-and-a-half times.

Discussion

The key characteristic of food security is the availability, possibility, stability and use of the food system, which largely depends not only on the growth of agricultural production, but also on trade policy, the development of trade relations in the agricultural raw material markets, which can strengthen these characteristics, ensuring they reach positive levels. Food security includes the production aspect (due to the development of own production, and only then – the necessary volume of import of agricultural products and food [34]. The food security of the state should be focused on ensuring its own agro-economic capacities, without resorting to the import of food from other countries. It is a criterion for the quality of strategic products of agricultural production, a guarantee of completeness, nutrition and availability of products of the grain and oil group in sufficient quantity at the level of justified medical standards.

The state's position on ensuring food security is focused on the ability of producers to independently provide themselves with the necessary volume and range of agricultural products. Accordingly, the achievement of food security involves taking the following main directions:

- 1) maintenance of food supply at a level sufficient for healthy nutrition;
- 2) ensuring the appropriate level of the population's supporting demand;
- 3) eliminating dependence on imports and protecting the interests of domestic producers of agricultural raw materials [43].

The problem of food security of the state in the agricultural raw material market is complex, hence its solution should be considered from the point of view of different hierarchical levels [2]. The basis for distinguishing and classifying such levels can be considered the specific interests of a separate group of subjects of each specific level. The national level of food security of the agrarian sector and the decision to achieve it are presented by the governments of the countries that create the sustainable potential of the country's food system and determine the directions for improving the quality of products of the grain and oil group [4]. The specifics of ensuring food security at the

national level are determined by the difference in economic and political interests of countries.

Thus, countries with the most developed agricultural production have natural advantages in the production of agricultural products. However, countries with less favorable natural conditions for agricultural production are limited by agricultural production resources or emerging markets. The concept of food security at the national level does not mean self-sufficiency in food. It assumes that a country should produce enough products for its own needs, but if comparative advantages do not contribute to this, then it should be able to import the necessary amount of food to meet the needs of the population [38].

The main characteristics of the food system at the national level should be considered to be the following [36]:

- 1) the ability to produce, import, provide storage and promote to the final consumer of the food product in the volumes necessary to meet the regulatory needs of all social groups of the population;
- 2) the equality of population groups in the possibility of purchasing balanced food products of high quality;
- 3) the adaptability of the national food system to fluctuations in the global market situation;
- 4) stable supply of food to the population of all regions of the country regardless of the influence of natural conditions;
- 5) the balanced development of the national market in the mode of extended reproduction.

Ensuring food security by commodity producers at the regional level is a necessary, but not sufficient, condition for ensuring a sustainable food system. It includes the ability of countries in general and individual households to obtain or produce the necessary food products. Maintaining food security depends on a macroeconomic policy and is aimed at ensuring effective demand for food products, reducing population stratification by an income level [31].

In our opinion, the division of food security by levels is an important component of the effective functioning of the food system as a whole: ensuring global food security requires the efforts of the entire world community, the national level – a balanced state policy, the regional level is ensured by local authorities and local food producers. Therefore, if at the national and regional level a person is the object of food security, then at the local level it requires the use of various tools and mechanisms to achieve the desired state of food security [13].

Balancing the quantitative and qualitative parameters of the production of agricultural products, determining the criteria of the domestic market situation at the local level allows for ensuring the food security of the territories where the producers of

grain and oil products are located. The growth of consumer demand leads to an increase in the potential of the food system, which determines the favorable cycle of the logistics chain of grain and oil products. It is worth noting that in the food system, agricultural producers ensure the reproductive process of the territories and support the food security of the region (country) as a whole. This approach expands the range of products of the grain and oil group according to the scale of its consumption, while differentiating the price policy and within the regional market, stimulating international trade and the export of agricultural products. This is confirmed by Kotykova et al. [21], who emphasize that for the highest guarantee of the food security of the state, with a stable potential of the food system, agricultural producers in the logistics chain organize, plan and forecast services for the transportation of products of the grain and oil group to the market at affordable prices. This contributes to long-term agreements for the supply of agricultural raw materials to the countries of the world on mutually beneficial terms.

As Grigriev [14] notes, the process of reproducing the potential of the food system of commodity producers of agricultural production in the logistics chain covers all stages of distribution, exchange and use of resource provision and is a complex form of economic circulation of resources between industries. The material, value and monetary forms of the produced products of the grain and oil group intertwine, change from one form to another and are inextricably interconnected. The rate of increase in the production of grain and oil group products with the improvement of the quality of their range, in the general reproductive turnover of logistics chains, is determined by the economic determinant in the food security strategy of the state, which is formed by producers of agricultural production under the influence of a complex of regulatory factors of resource provision.

The latter is a more important methodological principle, which does not lose its relevance even now, because in modern conditions, as noted by Grishova and Kryukova [15], the main task of the food security of the state is the fundamental reorientation of agriculture to the accelerated rate of economic and break-even growth of commodity producers in the logistics chains of the agro-raw material segment on the European market. Only under this condition can one count on the process of reproducing the potential of the food system of commodity producers in logistics chains based on the quantitative and qualitative resource component of the simple or extended reproduction of the break-even development cycles of agricultural raw material entities. They are caused by innovations in the production technology of grain and oil products, the acceleration of the financial cycle in certain stages of expanded reproduction of resources, both on the national and European markets.

The restoration of the quantitative and qualitative resource component of the state's food security on the basis of the implementation of the amplitude of the possibili-

ties of the food system of commodity producers of the grain and oil group activates the available reserves of logistics chains in order to take strategic directions for the loss-free development of agro-raw materials subjects in the international business environment. This process makes it possible to have a stimulating effect on the growth of capital investments, the accumulation of productive capital in objects of technological innovation with the aim of obtaining profit and (or) achieving a positive effect [20].

Conclusions

1. Thus, in order to expand the agricultural production capacities of commodity producers to ensure the food security of Ukraine on the European market of grain and oil group, it is necessary to improve the system of ensuring the foreign economic activity of subjects of agricultural raw materials on the basis of the integration of logistics chains into the international integrated network of the food system, which creates competitive advantages and is oriented towards foreign consumers, taking into account that the results of the sale of agricultural raw materials can be appropriated not by agricultural producers, but by subjects of the sphere of circulation, exporting enterprises, intermediaries. The development of Ukrainian food and logistics chains in the European market of the grain and oil group should be based on the strategy of increasing the export capabilities of agricultural producers and be carried out in systematic interaction with the economic interests of the subjects of the supply of agricultural raw materials in the circulation of export products.
2. Along with the possibilities of agricultural producers' foreign economic activity on the European market, there is a need for the ensured liberalization of foreign trade between countries in the international business environment. This may increase competition between European and Ukrainian producers of grain and oil products. Therefore, it is necessary to develop a strategic model for ensuring food security between regions, taking into account their inability to fully restore the food system due to military operations in a large area of the country. The state regulation of the potential of the food system in the regions should be carried out in the following directions:
 - in the field of international trade in agricultural raw materials – ensuring the protection of the economic interests of producers of agricultural products through the implementation of a complex of customs-tariff and non-tariff measures in line with Ukraine's international obligations; the development of import substitution measures to guarantee the food independence of the region;
 - in the economic sphere – to introduce a guaranteed policy of financial support for the producers of agricultural products; to develop the regional food market with improved logistical and infrastructural support and establishment of inter-

regional trade relations; the implementation of the price policy for agro-raw products and having control over its implementation.

3. At the same time, the intensification of foreign economic processes in the state should move to a new doctrine of the innovation of production and technological standards of regional development, with the strengthening of food security in the agrarian sphere, subject to the introduction of an integrated regional system of agriculture. This will have a positive effect on the sustainability of the potential of the food system in the state, will ensure the greening of agricultural raw materials, and will also allow for shaping a new behavior of commodity producers to ensure their own food security, by stimulating cooperation with other consumers, with the aim of finding a reliable supplier of seeds of the grain and oil group and careful planning of diversification of production. In addition, an effective state food policy should determine the safety parameters of agricultural raw materials, their economic availability, reliability and resistance to external barriers and restrictions, both according to national and European standards for ensuring food security; coordinate them with the main macroeconomic parameters of the country's development and be responsible for the implementation of the state agrarian policy.

References

- [1] Abrahám J., Britchenko I., Jankovic M., Garškaite-Milvydiene K.: Energy security issues in contemporary Europe. *J. Sec. Sustainab. Issues*, 2018, 7(3), 387-398.
- [2] Bazaluk O., Yatsenko O., Zakharchuk O., Ovcharenko A., Khrystenko O., Nitsenko V.: Dynamic development of the global organic food market and opportunities for Ukraine. *Sustainability*, 2020, 12(17), #6963.
- [3] Berehovy V.K.: Formation of foreign economic security of Ukraine during integration into the world economy. *Scientific Bulletin of the Academy of Municipal Management. Series: Economics*, 2010, 8, 55-73.
- [4] Britchenko I., Romanchenko T., Hladkyi O.: Potential of sustainable regional development in view of smart specialisation. *Ikonomicheski Izsledvania*, 2019, 28(6), 88-109.
- [5] Bulgakov V., Pascuzzi S., Adamchuk V., Kuvachov V., Nozdrovicky L.: Theoretical study of transverse offsets of wide span tractor working implements and their influence on damage to row crops. *Agriculture*, 2019, 9(7), #144.
- [6] CFS-FFA. Framework for Action for Food Security and Nutrition in Protracted Crises, 2015. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bc852e.pdf>
- [7] Ciccullo F., Shebanina O., Burkovska A., Lunkina T., Burkovska A.: Modeling the system of social stability through the food safety paradigm. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 41(4), 474-486.
- [8] Committee on World Food Security. (2022). Retrieved from <http://www.fao.org/cfs/home/en/>
- [9] Dybska V.V., Sergeev V.I.: Models of operational activity of logistics centers. *Logistics and Supply Chain Management*, 2012, 2(1), 13-21.

- [10] FAO & WHO. Second International Conference on Nutrition (ICN2). Report of the Joint FAO/WHO Secretariat on the Conference, 2015. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i4436e/I4436E.pdf>
- [11] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO), 2022. Retrieved from <http://www.fao.org>
- [12] Global Survey Hub., 2022. Retrieved from <https://www.globalsurveyhub.com/>
- [13] Golikova, K.P.: The state of food security of Ukraine: socio-economic aspect. Scientific Bulletin of Kherson State University, 2014, 7(1), 183-186.
- [14] Grigriev E.O.: Food security and peculiarities of its formation at the level of regions. Economics of the Food Industry, 2015, 1(25), 13-18.
- [15] Grishova I.Yu., Kryukova I.O.: The current state and problems of food security in Ukraine. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series Economics and Management, 2014, 8(61), 20-25.
- [16] Gupta J., Pouw N., Ros-Tonen M.: Towards an elaborated theory of inclusive development. Eur. J. Develop. Res., 2015, 27(4), 541-559.
- [17] Hutsol T., Priss O., Kiurcheva L., Serdiuk M., Panasiewicz K., Jakubus M., Barabasz W., Furyk-Grabowska K., Kkharets, M.: Mint plants (mentha) as a promising source of biologically active substances to combat hidden hunger. Sustainability, 2023, 15, #11648.
- [18] International Fund for Agricultural Development, 2022. Retrieved from <https://www.ifad.org/en/>
- [19] Kearney J.: Food consumption trends and drivers. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2010, 365, 2793-2807.
- [20] Khomiuk N.L.: Methodical approaches to the analysis of the development of rural territories. Reg. Econ., 2019, 1, 47-55.
- [21] Kotykova O., Babych M., Krylova I.: Forming the system of food security indicators following the criteria of the SDGs-2030. Potravinarstvo, 2020, 14, 1055-1065.
- [22] Kovaleva V., Bukhteeva I., Kit O.Y., Nesmelova I.V.: Plant defensins from a structural perspective. Int. J. Molec. Sci., 2020, 21(15), 1-23.
- [23] Krykavskiy E., Chukhrai N., Chubala A., Viktor Ya., Nestrui R.: Transformation of value in the development of "enterprise-client" relations. Lviv: Publishing House of the National University Lviv Polytechnic, 2017.
- [24] Kryshatanovych M., Akimova L., Akimov O., Kubinyi N., Marhitich V.: Modeling the process of forming the safety potential of engineering enterprises. Int. J. Saf. Sec. Engin., 2021, 11(3), 223-230.
- [25] Kupchenko A.: Military food balances in Ukraine. Part 1. Production. Dnipro: AIC Inform, 2021.
- [26] Lagodiienko V., Malanchuk M., Gayvoronska I., Sedikov D.: Selection of criteria for key performance indicators by the matrix method. Int. J. Mechani. Engin. Technol., 2019, 10(1), 1303-1311.
- [27] Lagodiienko V., Lagodiienko N.: Empirical analysis of the effectiveness of the free trade area between the EU and Ukraine for the agricultural market. TEM Journal, 2019, 8(3), 915-920.
- [28] Ministry of Economic Development, Trade and Agriculture of Ukraine (MoEDT). Department of Entrepreneurship Development and Regulatory Policy, 2022. Retrieved from <https://regulation.gov.ua/catalogue/indexes>.
- [29] Mironova N., Koptieva H., Liganenko I., Sakun A., Chernyak D.: Modeling the selection of innovative strategy for development of industrial enterprises. WSEAS Transactions on Business and Economics, 2022, 19, 278-291.
- [30] Nadykto V., Arak M., Olt J.: Theoretical research into the frictional slipping of wheel-type undercarriage taking into account the limitation of their impact on the soil. Agro. Res., 2015, 13(1), 148-157.
- [31] Nieminen R.: Common Agricultural Policy, 2018. Retrieved from <https://epthinktank.eu/2018/01/16/common-agricultural-policy/>
- [32] Panchenko A., Voloshina A., Kiurchev S., Titova O.: Development of the universal model of mechatronic system with a hydraulic drive. East. Eur. J. Enterpr. Technol., 2018, 4, 7(94), 51-60.

- [33] Priss O., Korchynskyy I., Kryvko Y., Korchynska O.: Leveraging horseradish's bioactive substances for sustainable agricultural development. *Int. J. Sustain. Develop. Plan.*, 2023, 18(8), 2563-2570.
- [34] Sabluk P.T., Bilous O.G., Vlasov V.I.: Food security of Ukraine. *Economics of the Agro-Industrial Complex*, 2009, 10, 3-7.
- [35] Savin D.A., Karkh G.V.: The influence of the process approach on the efficiency of the logistics system of the enterprise. *I.I. Mechnikova Scientific Bulletin of Odesa National University*, 2018, 4(11), 28-31.
- [36] Shebanina O., Klyuchnik A., Burkovska A., Caruso D., Burkovska A.: Providing labor income as a supporting factor of the food security. *Manag. Theor. Stud. Rural Busin. Infrastruc. Develop.*, 2018, 40(3), 599-608.
- [37] State Statistics Service of Ukraine (SSSU), 2023. Retrieved from http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/zed.htm
- [38] Sychevskiy M.P.: Global food security and Ukraine's place in its achievement. *Econom. Agro-Indust. Complex*, 2019, 1, 6-17.
- [39] Tarasovych L., Yaremova M., Slobodyanyk A.: The development of the rural economy: convergence to European modernity. *Polissya Scientific Bulletin*, 2018, 2(14), 117-123.
- [40] Tkachuk V., Yaremova M., Tarasovych L., Kozlovskiy V., Piliavoz T. Economic strategy of the development of renewable energy in rural areas of Ukraine. *Monten. J. Econom.*, 2019, 15(3), 71-82.
- [41] Tryhuba A., Pavlikha N., Rudynets M., Tryhuba I., Grabovets V., Skalyga M., Tsymbaliuk I., Kholmik N., Fedorchuk-Moroz V.: Studying the influence of production conditions on the content of operations in logistic systems of milk collection. *East. Eur. J. Enterpr. Technol.*, 2019, 33(99), 50-63.
- [42] Yatsiv I.: The influence of export-import operations on the formation of food security of Ukraine. *Agrarian Econ.*, 2020, 13(1-2), 3-13.
- [43] Zelenska O.O.: Food security system: essence and hierarchical levels. *Bulletin of ZHTU*, 2012, 1(59), 108-112.
- [44] Zinchuk T., Kovalchuk O., Kutsmus N., Charutska O.: Challenges of sustainable development of rural economy. *Manag. Theor. Stud. Rur. Busin. Infrastruc. Develop.*, 2018, 40(4), 609-619.

UWARUNKOWANIA ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCIOWEGO PRZEZ PRODUCENTÓW GRUPY ZBOŻOWO-OLEJOWEJ UKRAINY NA RYNKU EUROPEJSKIM

Streszczenie

Wprowadzenie. W artykule opracowano kierunki bezpieczeństwa żywnościowego Ukrainy, które w oparciu o zasady zrównoważonego rozwoju producentów rolnych zapewniają stabilność ich systemu żywnościowego, który jest zintegrowany w synergiczne łańcuchy logistyczne dostaw wysokiej jakości surowców rolnych grupy zbóż i olejów na rynku europejskim. Wyróżniono metody diagnozowania stanu bezpieczeństwa żywnościowego państwa (obszaru lub regionu wiejskiego) poprzez komponent zasobowy reprodukcji prostej lub rozszerzonej systemu żywnościowego producentów rolnych.

Wyniki i wnioski. W celu usprawnienia prognozowania wskaźników procesu technologicznego wytwarzania (sprzedaży) produktów zidentyfikowano modele matematyczne outsourcingu (usług transportowych producentów towarów z grupy zbóż i olejów). Ukształtował się proces odtwarzania potencjału systemu żywnościowego producentów towarowych grupy zbóż i olejów w łańcuchach logistycznych segmentu rolno-surowcowego rynku europejskiego. Dokonano analizy porównawczej produkcji i sprzeda-

zy producentów surowców z grupy zbóż i oleju na rynku ukraińskim i europejskim, a także oszacowano wielkość zapasów zbóż znajdujących się w zasobach państwowych Ukrainy.

Słowa kluczowe: rynek zbóż i roślin oleistych, łańcuchy logistyczne, produkcja rolna, eksport, import ✕

JACEK GOLAŃSKI, BOGUSŁAWA LUZAK

ZNACZENIE WYBRANYCH SKŁADNIKÓW ŻYWNOSCI POCHODZENIA ROŚLINNEGO HAMUJĄCYCH FUNKCJE PŁYTEK KRWI W PROFILAKTYCE PIERWOTNEJ CHOROÓB SERCOWO-NACZYNIOWYCH

Streszczenie

Wprowadzenie. U podłoża chorób sercowo-naczyniowych (ChSN), które odpowiadają za największą liczbę zgonów na świecie, są modyfikowalne czynniki, w tym min. nieprawidłowe żywienie, wysokie stężenia cholesterolu LDL czy triglicerydów w surowicy krwi, a także stany zapalne lub zwiększona aktywność płytek krwi. Wyniki wielu badań naukowych, w tym metaanaliz z randomizowanych badań kontrolowanych wskazują, że żywność bogata w (poli)fenole czy nienasycone kwasy tłuszczowe znacząco obniża ryzyko ChSN poprzez normowanie stężenia lipidów we krwi, obniżenie aktywności płytek krwi, działanie przeciwzapalne czy antyoksydacyjne. Połączeniem obu aktywnych składników jest dieta śródziemnomorska, oparta o duże spożycie oliwy z oliwek i warzyw, a składniki tej diety posiadają europejskie oświadczenia zdrowotne (ekstrakt z pomidorów posiada właściwości przeciwplatek; (poli)fenole oliwek wykazują działanie antyoksydacyjne i przeciwzapalne).

Wyniki i wnioski. W pracy opisano najważniejsze związki (poli)fenolowe i kwasy tłuszczowe zawarte w olejach roślinnych o właściwościach przeciwplatekowych oraz opisano publikacje udawniające ich działanie w układach modelowych (in vitro). Ze względu na ograniczoną biodostępność związków pochodzenia roślinnego o właściwościach przeciwplatekowych ciągle brakuje zadawalających dowodów pochodzących z badań klinicznych, że suplementowanie preparatami zawierającymi (poli)fenole i/lub nienasycone kwasy tłuszczowe przynosi korzyści w pierwotnej profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych, a to wskazuje, że należy skupić się na opracowaniu żywności łączącej prozdrowotne działanie oliwy z oliwek i przetworzonych pomidorów. Należy rozważyć przeprowadzenie badań zastosowania tak zaprojektowanej żywności funkcjonalnej wykazującej działanie przeciwplatekowe w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych.

Słowa kluczowe: choroba sercowo-naczyniowa, płytki krwi, oliwa z oliwek, pomidory, żywność funkcjonalna

Wprowadzenie

Choroby sercowo-naczyniowe (ChSN, ang. *cardiovascular diseases*, CVD) odpowiadają za największą liczbę zgonów na świecie [87]. Jednym z patomechanizmów

Dr hab. prof. UM J. Golański, ORCID: 0000-0003-4392-8274; dr hab. B. Luzak prof. UM, ORCID: 0000-0002-3181-4336, Zakład Zaburzeń Krzepnięcia Krwi, Katedra Nauk Biomedycznych, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, ul. Mazowiecka 6/8 92-215 Łódź. Kontakt e-mail: jacek.golanski@umed.lodz.pl

przyczyniających się do rozwoju tych schorzeń jest prokoagulacyjna aktywacja układu hemostazy, w tym płytek krwi, w ścisłej relacji ze stanami zapalnymi [77]. Obserwuje się także nadreaktywność płytek krwi oraz ich nadmierną agregację, a także dysfunkcję śródbłonna naczyniowego [13]. Mimo że płytki krwi mają istotny udział w patogenezie ChSN, to ich nadreaktywność nie jest wymieniana jako niezależny czynnik ryzyka ChSN. Nie ulega jednak wątpliwości, że wysoka reaktywność płytek krwi „towarzyszy” klasycznym czynnikom ryzyka chorób układu krążenia i jest zjawiskiem niepożądanym [58]. Podwyższenie stężenia lipidów we krwi ma ścisły związek ze zwiększoną reaktywnością płytek krwi [13, 86].

W profilaktyce ChSN istotne jest zachowanie właściwej diety [14, 36, 93], w tym bogatej w produkty pochodzenia roślinnego [3]. Wykazano, że każda dodatkowa porcja warzyw i owoców w diecie zmniejsza ryzyko incydentów sercowo-naczyniowych o 4 %, a udaru mózgu o 5 %. Pierwszym składnikiem diety poddawanym analizie są związki fenolowe pochodzenia roślinnego. Pokarmy roślinne bogate w te związki, takie jak owoce i warzywa, wykazały korzystny wpływ na funkcję śródbłonna naczyń i płytek krwi oraz zaobserwowano, że odgrywają one rolę ochronną w rozwoju ChSN [84]. Pokarmy roślinne i wtórne metabolity roślin, do których należą związki fenolowe, posiadają właściwości przeciwkrzepliwie i przeciwplatekcyjne. Jako jedne z najbardziej aktywnych w tym zakresie wymieniane są roślinne (poli)fenole i wielonienasycone kwasy tłuszczowe (ang. *polyunsaturated fatty acids*, PUFA) obecne w pokarmach pochodzenia zwierzęcego i w olejach roślinnych [22].

Dostępne dane naukowe wskazują, że spożycie ryb (szczególnie bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe n-3) co najmniej raz w tygodniu wiąże się z 16-procentowym obniżeniem ryzyka choroby wieńcowej, a spożycie ryb 2 ÷ 4 razy w tygodniu – 1 z 6-procentowym obniżeniem ryzyka udaru mózgu [93]. Mimo że do tej pory jako źródło wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (głównie EPA: kwas eikozapentaenowy (C20:5 n-3) i DHA: kwas dokozaheksaenowy (C22:6 n-3)) w profilaktyce ChSN skoncentrowanej na hemostazie wskazywano olej rybi [31, 94], to obecnie trwa dyskusja nad innymi źródłami tych związków, alternatywnymi wobec tych pochodzenia zwierzęcego [6, 50, 69]. Dowody na skuteczność suplementowania oleju rybiego są niepewne [10, 38], nawet wskazuje się na działania niepożądane objawiające się zaburzeniami rytmu serca [8, 48]. W metaanalizie Laguzzi i wsp. potwierdzono jednak wytyczne dotyczące profilaktyki sercowo-naczyniowej dotyczące spożywania pokarmów bogatych w n-3 EPA/DHA (tj. tłustych ryb), zwłaszcza dla osób z wywiadem rodzinnym ChNS. W cytowanej pracy potwierdzono także aktualne zalecenia stwierdzające, że żywność bogata w n-6 LA (ang. *linoleic acid*, kwas linolowy (18:2 n-6)) i n-3 ALA (ang. *alpha-linolenic acid*, kwas α -linolenowy (18:3 n-3)), taka jak oleje roślinne i orzechy, powinna być częścią diety [42]. Między innymi z tego powodu dużo uwagi poświęca się olejom roślinnym, ze szczególnym wskazaniem na olej

Iniany (wysoka zawartość kwasu α -linolenowego) [70, 98] i bogatą w kwas oleinowy oliwę z oliwek [47, 91, 100].

Mimo że w najnowszych wytycznych brakuje wskazań w profilaktyce pierwotnej ChSN do stosowania suplementów diety zawierających kwasy omega-3 lub (poli)fenole [88], to dowody na zasadność spożywania tych związków można znaleźć w pośredni sposób, analizując metaanalizy prowadzone z zastosowaniem diety śródziemnomorskiej, której istotnym składnikiem są (poli)fenole i nienasycone kwasy tłuszczowe [41, 59].

Celem niniejszej pracy przeglądowej była analiza piśmiennictwa pod kątem celowości stosowania wybranych składników żywności pochodzenia roślinnego, dla których wykazano właściwości hamowania funkcji płytek krwi, w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych. Z uwagi na trzy podstawowe sposoby dostarczania tych składników w diecie analiza piśmiennictwa pozwala porównać dane na temat skuteczności działania suplementów, żywności i żywności funkcjonalnej. W pracy skoncentrowano się głównie na danych pochodzących z metaanaliz, przeglądów systematycznych czy randomizowanych kontrolowanych badań interwencyjnych (Tabela 1), natomiast omówienie wyników z badań modelowych, ma charakter pomocniczy i służy wyjaśnieniu mechanizmów działania opisywanych związków.

Związki fenolowe pochodzenia roślinnego w profilaktyce ChSN i ich wpływ na płytki krwi

Związki fenolowe pochodzenia roślinnego klasyfikuje się do różnych grup zależnie od funkcji i liczby grup fenolowych w pierścieniu benzenowym i sposobu połączenia pierścieni. W piśmiennictwie stosuje się zwyczajowo nazwę „polifenole”, choć nie wszystkie związki z tej grupy mają budowę uzasadniającą takie nazewnictwo (np. kwasy fenolowe), stąd w pracy zastosowano nazwę (poli)fenole. Wśród związków tej heterogenicznej grupy wyróżnia się główne klasy: fenolokwasy, flawonoidy (najlepiej przebadana grupa pod kątem zastosowania w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych), stilbeny (do tej klasy należy resweratrol) i lignany [3, 29]. Istnieją dowody wskazujące, że spożywanie produktów bogatych w (poli)fenole zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych [40]. Zjawisko, które przedstawili Renaud i de Lorgeril [67] w 1992 roku, znane jako „paradoks francuski”, zapoczątkowało zainteresowanie (poli)fenolami jako związkami o właściwościach przeciwplatekciowych. Związki zawarte w owocach czerwonych winogron (*Vitis vinifera* L.) hamują aktywność płytek krwi, między innymi ze względu na to, iż zawarte w nich stilbeny (rezweratrol) i flawonoidy hamują działanie cyklooksygenazy, redukują produkcję tromboksanu A₂ i nadtlenu wodoru w płytkach krwi oraz hamują aktywację fosfolipazy C i kinazy białkowej C [24]. Właściwości antykoagulacyjne posiadają także

związki zawarte w pestkach winogron [11]. Wyniki badań modelowych w tej tematyce zostały potwierdzone w badaniach interwencyjnych [61].

Obszerne piśmiennictwo dotyczy także innych źródeł (poli)fenoli, głównie flawonoidów o aktywności przeciwplatekowej: w zielonej herbacie (*Camellia sinensis* L.) [66], w kakao (*Theobroma cacao* L.) [103], w wyciągu z kory sosny nadmorskiej (*Pinus pinaster* Aiton) [30], w wyciągu z liści miłorzębu japońskiego (*Ginkgo biloba* L.) [53], a także w owocach pomidora (*Solanum lycopersicum* L.) [55] oraz w oliwie z oliwek (*Olea europaea* L.) [39, 52]. Z badań klinicznych wynika, że dieta bogata w (poli)fenole może obniżyć ryzyko zakrzepicy [5], między innymi poprzez zmniejszenie aktywności płytek krwi [95]. Warto także wspomnieć o koncepcji wspomagania za pomocą związków (poli)fenolowych standardowego leczenia przeciwplatekowego [3, 28, 30].

Jak wspomniano wyżej, w grupie związków aktywnych oddziałujących na układ hemostazy są (poli)fenole kakao. Ziarna kakaowca (*Theobroma cacao* L.) stanowią najbogatsze źródło flawanoli, do których należą katechiny występujące w postaci monomerów, oligomerów i polimerów. Ich formy polimeryczne noszą nazwę proantocyjanidyn albo procyjanidyn. Przykładem produktu spożywczego będącego dobrym źródłem wspomnianych związków jest ciemna czekolada. Zaobserwowano, że spożycie czekolady o wysokiej zawartości suchej masy kakaowej (75 %) spowodowało 12-procentowe obniżenie agregacji płytek krwi [34]. Korzyści płynące ze spożycia flawanoli z kakaowca (odpowiednik 100 g gorzkiej czekolady o zawartości 70 % masy kakaowej) zostały porównane z działaniem standardowej dawki aspiryny (około 80 mg), używanej klinicznie jako lek przeciwplatekowy [60]. Spożywanie ciemnej czekolady 30 g/dzień przez pacjentów przyjmujących standardową terapię przeciwplatekową pogłębia przeciwplatekowy efekt kłopidogrelu [74]. Opisano także przeciwplatekowe działanie (poli)fenoli zawartych w herbacie. Wysokie spożycie czarnej herbaty (1000 ml/dobę), która jest bogata w katechiny i epikatechiny, może zmniejszać aktywność płytek krwi o 4 ÷ 10 % [79]. Opis badań interwencyjnych umieszczony jest w Tabeli 1. Podobne jak w przypadkach kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3, wyniki opisane w kilku analizach są sprzeczne i nie potwierdzają jednoznacznie przeciwplatekowej aktywności (poli)fenoli. Często jest to efektem zbyt niskich dawek stosowanych w eksperymentach oraz braku ujednoczenia metod i grup eksperymentalnych czy odstępów czasowych pomiędzy spożyciem dawki substancji (poli)fenolowych a badaniem aktywności płytek.

Z kolei w niektórych badaniach *in vitro*, zazwyczaj stosowane są bardzo wysokie stężenia bioaktywnych składników diety niemożliwe do osiągnięcia w organizmie nawet w czasie suplementacji. Często może to być spowodowane takim doborem stężenia związków (poli)fenolowych czy ilości ekstraktów roślinnych w badaniach modelowych, aby podczas stosunkowo krótkiej inkubacji (np. 15 minut w przypadku

Tabela 1. Wpływ związków fenolowych pochodzenia roślinnego na reaktywność płytek krwi - wyniki badań interwencyjnych.

Table 1. The influence of phenolic compounds of plant origin on the reactivity of blood platelets - results of intervention studies.

Autor [numer referencji] / Author [reference number]	Rodzaj i ilość produktu spożywczego / Type and quantity of food product	Grupa badana i jej liczebność / Study group and its size	Schemat badania i czas trwania interwencji / Study design and duration of intervention	Działanie przeciwplateletowe i istotność statystyczna / Antiplatelet effect and statistical significance
Pignatelli i wsp. [61]	Czerwone lub białe wino, 300 ml dziennie / Red or white wine, 300 ml per day	Zdrowi ochotnicy (n=20) / Healthy volunteers (n=20)	Badanie krzyżowe, randomizowane, interwencja 15 dni / Cross-over trial, randomized, 15-day intervention	W grupie przyjmujących czerwone wino wykazano wyższe zahamowanie agregacji płytek krwi indukowanej kolagenem (p<0,05) / The group consuming red wine showed a higher inhibition of collagen-induced platelet aggregation (p<0.05)
Innes i wsp. [34]	Mleczna i ciemna czekolada o zawartości miazgi kakaowej 20% i 75%; 100 g dziennie / Milk and dark chocolate with cocoa mass content of 20% and 75%; 100 g per day	Zdrowi ochotnicy (n=30) / Healthy volunteers (n=30)	Randomizowane, pojedynczo zaślepienie, kontrolowane badanie krzyżowe / Randomized, single-blind, controlled cross-examination	Ciemna czekolada wykazuje wyższą aktywność przeciwplateletową niż mleczna (p=0,028) / Dark chocolate has higher antiplatelet activity than milk chocolate (p=0.028)
Pearson i wsp. [60]	300 ml napoju o zawartości 18,75 g proszku kakaowego / 300 ml of drink containing 18.75 g of cocoa powder	Zdrowi ochotnicy (n=16) / Healthy volunteers (n=16)	Badani stanowią własną kontrolę. Pomiar przed wypiciem napoju i po 6 h od jego podania / The subjects constitute their own control. Measurement before and 6 hours after drinking the drink	Indukowana przez ADP ekspresja GPIIb/IIIa była zmniejszona po 6 godzinach od spożycia kakao w porównaniu z wartościami wyjściowymi (p = 0,004) / ADP-induced GPIIb/IIIa expression was reduced 6 hours after cocoa consumption compared to baseline values (p=0.004)

Seecheran i wsp. [74]	Ciemna czekolada 30 g/dzień (65% kakao), ASA – 81 mg i klopidogrel 75 mg/dzień / Dark chocolate 30 g/day (65% cocoa), ASA - 81 mg and clopidogrel 75 mg/day	Pacjenci ze stabilną chorobą wieńcową (n=20), otrzymujący podwójną terapię przeciwplateletową / Patients with stable coronary artery, disease (n=20) receiving dual antiplatelet therapy	Randomizowane badanie bez zaślepienia. Pomiar po tygodniu interwencji / Randomized, unblinded study. Measurement after a week of intervention	Kakao wzmocniło przeciwplatetowe działanie klopidogrelu (p=0,001) / Cocoa enhanced the antiplatelet effect of clopidogrel (p=0.001)
Stephoe i wsp. [79]	1050 mg ekstraktu herbaty (6,4% flawonoli) w czterech porcjach po 250 ml wody na dobę / 1050 mg of tea extract (6.4% flavonols) in four portions of 250 ml of water daily	Zdrowi ochotnicy: grupa z interwencją (n=37), placebo (n=38) / Healthy volunteers: intervention group (n=37), placebo (n=38)	Randomizowane badanie bez zaślepienia. Pomiar po 6 tygodniach / Randomized, unblinded study. Measurement after 6 weeks	W grupie przyjmującej herbatę stwierdzono mniej agregatów monocytu–płytki krwi (p=0,027), neutrofile–płytki krwi (p=0,017) / In the tea group, fewer monocyte-platelet aggregates (p=0.027) and neutrophil-platelet aggregates (p=0.017) were found
Sirtori i wsp. [76]	45 g oliwy z oliwek na dobę / 45 g of olive oil per day	Pacjenci z dyslipidemią (n=29) / Patients with dyslipidemia (n=29)	Randomizowane badanie bez zaślepienia. Interwencja przez 8 tygodni / Randomized, unblinded study. Intervention for 8 weeks	Istotnie statystycznie zahamowanie agregacji płytek krwi indukowanej kolagenem dla grupy przyjmującej oliwę z oliwek (p<0,05) / Statistically significant inhibition of collagen-induced platelet aggregation for the olive oil group (p<0.05)
Vicario i wsp. [89].	30 g oliwy oliwek na dobę / 30 g of olive oil per day	Zdrowi ochotnicy (n=16) / Healthy volunteers (n=16).	Randomizowane badanie bez zaślepienia. Interwencja 6 tygodni / Randomized, unblinded study. 6-week intervention	Zmniejszenie agregacji indukowanej ADP ale bez osiągnięcia istotności statystycznej / Reduction of ADP-induced aggregation but without reaching statistical significance
Agrawal i wsp. [2]	40 mL oliwy z oliwek zawierającej oleaceinę (310 mg/kg) i oleokantal	Zdrowi ochotnicy (n=9) / Healthy volunteers (n=9)	Randomizowane, podwójnie zaślepienie z placebo. Badanie krzyżowe.	Zahamowanie agregacji płytek krwi w odpowiedzi na kolagen (p=0,002) / Inhibition of platelet aggregation in

	(150 mg/kg) / 40 ml of olive oil containing oleacein (310 mg/kg) and oleocanthal (150 mg/kg)		Krew pobierano przed podaniem oliwy i po 2 h od jej podania / Randomized, double-blind with placebo. Cross-examination. Blood was collected before and 2 hours after olive oil administration	response to collagen (p=0.002)
Katsa i wsp. [39]	40 ml oliwy z oliwek z zawartością 250 mg/kg oleokantalu lub 500 mg/kg / 40 ml of olive oil with 250 mg/kg oleocanthal or 500 mg/kg	Pacjenci chorujący na cukrzycę II typu (n=10) / Patients suffering from type II diabetes (n=10)	Randomizowane, pojedynczo zaślepione badanie krzyżowe. Pomiar przed posiłkiem z oliwą i 4 h po nim / Randomized, single-blind, crossover study. Measurement before and 4 hours after a meal with olive oil	Zależne od dawki oleokantalu zahamowanie reaktywności płytek krwi z ADP (p=0,016), TRAP (p=0,041) / Oleocanthal dose-dependent inhibition of platelet reactivity with ADP (p=0.016), TRAP (p=0.041)
O'Kennedy i wsp. [57]	18 g ekstraktu z 500 g pomidorów zawieszony w soku pomarańczowym (200 ml) / 18 g of extract from 500 g of tomatoes suspended in orange juice (200 ml)	Zdrowi ochotnicy (n=90) / Healthy volunteers (n=90)	Randomizowane, pojedynczo zaślepione z placebo. Badanie przed wypiciem soku i po 6 h od jego spożycia / Randomized, single-blind with placebo. Test before and after 6 hours after drinking the juice	Zahamowanie agregacji płytek krwi w odpowiedzi na ADP, kolagen i kwas arachidonowy (p<0,05) / Inhibition of platelet aggregation in response to ADP, collagen and arachidonic acid (p<0.05)
O'Kennedy i wsp [54]	Pojedyncza dawka Fruitflow (FF) 3 g, zawierająca minimum 65 mg składnika o właściwościach przeciwplateletowych / A single dose of Fruitflow (FF) 3 g, containing a minimum 65 mg of an ingredient with antiplatelet properties	Zdrowi ochotnicy (n=47) / Healthy volunteers (n=47)	Randomizowane, podwójnie zaślepione, kontrolowane placebo badanie krzyżowe. Ocena działania FF po 3 h w porównaniu z grupą kontrolną / Randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. Assessment of the effect of FF after 3 hours compared to the control group	Zahamowanie agregacji indukowanej kwasem arachidonowym, ADP i kolagenem (p<0,001) / Inhibition of aggregation induced by arachidonic acid, ADP and collagen (p<0.001)

komórek krwi, 24 h w warunkach hodowli komórkowej) uzyskać efekt biologiczny. Przykładem mogą być badania prowadzone w naszym zespole, które wykazały że agregacja płytek krwi w badaniach podstawowych hamowana była przez (poli)fenole różnego pochodzenia w stężeniach (w przeliczeniu na kwas galusowy) rzędu 7,5 (ok. 50 μM) oraz 15 μg (ok. 100 μM) na ml zawiesiny płytek krwi [83] lub nawet wyższych [30]. Natomiast w organizmie człowieka stężenia (poli)fenoli, a przede wszystkim ich metabolitów, po spożyciu żywności zawierającej (poli)fenole są wielokrotnie niższe i osiągają wartości mikro- czy nanomolowe w zależności od grupy (poli)fenoli [45]. Jednak istnieje potrzeba prowadzenia badań *in vitro*, *ex vivo* oraz badań na modelach zwierzęcych, aby poznawać mechanizmy działania związków biologicznie aktywnych oraz podejmować próby ustalenia dawkowania. Badania przedkliniczne mają wytypować grupy związków do badań interwencyjnych. Dla przykładu: spożywanie przez 20 dni 1,5 g proszku kakaowego wywołuje pojawienie się we krwi metabolitów epikatechiny w stężeniu 1445 ± 270 nM [7]. Obserwowane efekty zdrowotne składników żywności, nie pochodzą jedynie z tradycji ich stosowania, ale obecnie w wielu przypadkach są potwierdzone w odpowiednich badaniach naukowych.

Roślinne, nienasycone kwasy tłuszczowe w profilaktyce ChSN i ich wpływ na funkcje płytek krwi

Ocena przeciwplatekcyjnych właściwości olejów roślinnych jest nowym kierunkiem badań [68]. W niniejszej pracy przeglądowej skupiono się na trzech olejach roślinnych jako źródłach nienasyconych kwasów tłuszczowych: oleje lniany i konopny oraz oliwa z oliwek.

Kwas α -linolenowy

W rodzinie omega-3 PUFA, ważnymi źródłami kwasu α -linolenowego (ang. *alpha-linolenic acid*, ALA, (18:3 n-3)) są olej lniany i olej konopny. ALA hamuje przemianę omega-6 do tromboksanu A₂ (TXA₂) i leukotrienów, przez co działa przeciwzakrzepowo i przeciwzapalnie. Wykazano, że suplementacja n-3 PUFA ma działanie przeciwzakrzepowe i przeciwplatekowe [81]. Przeciwplatekowe działanie ALA udowodniono w badaniach eksperymentalnych z zastosowaniem zwierząt laboratoryjnych [80]. ALA hamuje tworzenie się skrzeplin tętniczych, ekspresję czynnika tkankowego (ang. *tissue factor*, TF) oraz aktywację płytek krwi, dlatego stanowi godną uwagi możliwość zastosowania oleju o wysokiej zawartości ALA do profilaktyki przeciwzakrzepowej [33]. Większe spożycie ALA w porównaniu z kwasem linolowym (ang. *linoleic acid*, LA, (18:2 n-6)) z grupy omega-6 prowadzi do zwiększonej syntezy metabolitów EPA i DHA, co skutkuje wyższą produkcją TXA₃ niż proagregacyjnego TXA₂. Możliwym efektem jest także hamowanie cyklooksygenazy oraz bezpośredni antagonizm

ny wpływ na receptor prostaglandyny H2-TXA2. Prostaglandyna H2 jest prekursorem innych prostaglandyn i tromboksanów [1, 9].

Zwraca się uwagę na znaczenie w prewencji chorób przewlekłych zachowania właściwych proporcji spożycia PUFA omega-6 i omega-3 oraz na obserwowany obecnie niekorzystny wzrost spożycia PUFA omega-6 i znaczne zmniejszenie konsumpcji tych z rodziny omega-3 w dietach mieszkańców krajów rozwiniętych. Ma to między innymi znaczenie w aspekcie wpływu na rozwój tendencji prozakrzepowych i nasilenie stanu zapalnego. Z omega-6 PUFA w płytkach krwi powstaje bowiem tromboksan A2, o silnych właściwościach proagregacyjnych, a w leukocytach – leukotrieny o silnych właściwościach prozapalnych. Natomiast z omega-3 PUFA powstają niedziałające proagregacyjnie: tromboksan A3, leukotrieny oraz przeciwzapalne metabolity EPA (merazyny, rezolwiny) [31]. Z badań prowadzonych w naszym zespole badawczym wynika, że współczynnik omega-6:omega-3 wynoszący poniżej 4:1 związany jest z istotnym obniżeniem stężenia białka C-reaktywnego (markera stanu zapalnego) u pacjentów kardiologicznych [82].

Wysokie spożycie ALA wiąże się z niższym ryzykiem zgonu w chorobach układu krążenia i w chorobie niedokrwiennej serca; każdy wzrost spożycia ALA o 1 g/dzień wiązał się z 5 % niższym ryzykiem śmiertelności z powodu ChSN [49]. W innym przeglądzie systematycznym i metaanalizie wykazano, że każde zwiększenie spożycia ALA o 1 g/d może zmniejszyć ryzyko śmiertelnej choroby wieńcowej o 12 % [98]. W publikacji Sala-Vila zebrano wyniki dziewięciu metaanaliz, które potwierdzają wcześniejsze badania o korzystnym wpływie zwiększenia podaży ALA w żywności o 1 g dziennie co wiąże się z 10 % niższym ryzykiem wystąpienia choroby sercowo-naczyniowej i 20-procentowym zmniejszeniem ryzyka zgonu z powodu choroby wieńcowej [70].

Kwas stearydonowy

Wysoka zawartość kwasu stearydonowego (ang. *stearidonic acid*, SDA, (18:4, n-3)), w oleju roślinnym poprawia efektywność powstawania EPA. Kwas stearydonowy jest wydajniej metabolizowany do EPA niż ALA, stąd jego obecność w oleju jest bardzo pożądana [63]. Wydajność biokonwersji ALA do EPA jest ograniczona ze względu na etap ograniczający szybkość przekształcenia ALA do SDA, katalizowany przez enzym wątrobowy desaturazę delta 6. Szybkość konwersji EPA do DHA zależy od aktywności genu D6-desaturazy i translokacji 22:4, n-3 do peroksysomów. Współczynnik biokonwersji ALA do EPA wynosi $0,2 \div 10\%$ a do DHA w granicach $0,05 \div 0,5\%$. SDA omija etap ograniczający szybkość w syntezie EPA, stąd jest skutecznym alternatywnym prekursorem do syntezy długołańcuchowych n-3 PUFA [63].

Kilka badań, w których stosowano suplementację olejów roślinnych u ludzi, wykazało, że spożywanie olejów roślinnych bogatych w SDA skuteczniej podnosi zawar-

tość EPA w krążeniu (surowica/osocze, erytrocyty, komórki polimorfojądrowe i komórki jednojądrzaste krwi obwodowej) w porównaniu z dietą kontrolną/bogatą w ALA. Spożywanie 1,2 g SDA dziennie przez 6 tygodni istotnie zwiększało udział EPA i kwasu dokozapentaenowego (ang. *docosapentaenoic acid*, DPA, (C22:5 n-3)) w błonach erytrocytów u osób z nadwagą i otyłością.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że większe spożycie olejów roślinnych o wysokiej zawartości SDA (np. olej konopny) pozwala na ominięcie jednego etapu transformacji ALA do EPA, co daje lepszy efekt działania składników żywności na różne szlaki aktywacji płytek, w tym szlak zależny od TXB₂, [1, 75], związany z receptorami dla trombiny i ADP [19, 23] oraz z receptorami kolagenu [43, 85].

Kwas oleinowy

Kwas oleinowy (ang. *oleic acid*, OA; omega-9; (C18:1 n-9)) jest najważniejszym związkiem z grupy jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (ang. *monounsaturated fatty acid*, MUFA) dostarczonym w diecie (~90 % wszystkich MUFA). Międzynarodowe towarzystwa naukowe zalecają spożywanie OA w granicach 12 ÷ 30 % całkowitej zawartości energii czerpanej z tłuszczów [73]. Mimo że OA występuje w wielu olejach roślinnych, w tym także z oliwek, to prozdrowotne działanie oliwy z oliwek często przypisuje się obecności składników występujących w niskich stężeniach (witamina E, (poli)fenole) [46]. Jednakże zawartość kwasu oleinowego w oliwie (70 ÷ 80 %) również odpowiada za wiele właściwości zdrowotnych tego oleju [72]. OA jest uważany za związek prozdrowotny, chociaż mechanizm, dzięki któremu OA pośredniczy w korzystnych efektach fizjologicznych, nie jest w pełni poznany. OA wpływa na płynność błony komórkowej, receptory błonowe i wewnątrzkomórkowe szlaki sygnałowe i ekspresję genów. OA może bezpośrednio regulować zarówno syntezę, jak i aktywność enzymów antyoksydacyjnych. Działanie przeciwzapalne OA może być związane z hamowaniem cytokin prozapalnych i aktywacją przeciwzapalnych. Najlepiej scharakteryzowany mechanizm podkreśla znaczenie OA jako naturalnego aktywatora sirtuliny 1 (SIRT1) [71].

Nowe dowody sugerują, że kwas oleinowy może wpływać na mechanizmy epigenetyczne, otwierając nową drogę w eksploracji terapii opartych na tych mechanizmach. OA może wywierać korzystne działanie przeciwzapalne poprzez regulację ekspresji mikroRNA [71]. Badania przeprowadzone u zdrowych osób wykazały, że suplementacja OA w dawce 10 g na dobę przez 4 tygodnie wpływa na obniżenie we krwi stężenia białka C-reaktywnego (ang. *C-reactive protein*, CRP), które jest markerem diagnostycznym stanu zapalnego [96]. Badanie Zhou i wsp. in vitro oraz na modelu zwierząt laboratoryjnych wykazało, że kwas oleinowy hamuje aktywację płytek krwi i zmniejsza zakrzepicę poprzez hamowanie fosforylacji wielu cząsteczek sygnalizacyjnych, oferując nowy wgląd w badania i rozwój leków przeciwpłytkowych [102].

Dieta śródziemnomorska

W 2010 roku dieta śródziemnomorska (ang. *Mediterranean diet*, MD) została uznana przez UNESCO za niematerialne dziedzictwo kulturowe ludzkości. MD jest dobrze opisanym połączeniem (poli)fenoli i nienasyconych kwasów tłuszczowych [4, 12, 32, 51, 88, 92, 97]. W badaniu MOLI-SANI analizowano wpływ diety śródziemnomorskiej zawierającej nienasycone kwasy tłuszczowe i (poli)fenole na występowanie stanów zapalnych. Wykazano, że naturalne składniki diety wykazują działanie przeciwzakrzepowe w tym przeciwplytkowe, co dodatkowo przyczynia się do zmniejszenia ryzyka zakrzepic [12, 35]. W innych badaniach zaobserwowano istotne różnice pomiędzy grupami spożywającymi tradycyjną dietą śródziemnomorską wzbogaconą dodatkową porcją oliwy z oliwek (MedDiet-VOO) a dietą kontrolną w zakresie aktywności czynnika aktywującego płytki krwi [4, 32].

Warto podkreślić, że dwa składniki diety śródziemnomorskiej posiadają europejskie oświadczenia zdrowotne. Pierwszym składnikiem tej diety będącym przedmiotem oświadczeń zdrowotnych są (poli)fenole (np. kompleks hydroksytyrozolu i oleuropeiny) zawarte w oliwkach (*Olea europaea* L.). W oświadczeniu stwierdzono, że (poli)fenole zawarte w oliwie z oliwek, ekstrakcie (uzyskanym z owoców oliwek, oliwy z oliwek, odpadach po wyciskaniu oliwy, liści drzewa oliwnego) standaryzowane na podstawie zawartości hydroksytyrozolu i jego pochodnych (np. kompleksu oleuropeiny) są wystarczająco scharakteryzowane w odniesieniu do deklarowanych efektów (ochrona cząstek LDL przed uszkodzeniami oksydacyjnymi, właściwości przeciwzapalne) [21, 46]. Drugim z wymienionych składników są pomidory, a konkretnie ich wodny ekstrakt [37, 57].

Prozdrowotne właściwości oliwy z oliwek

Oliwa z oliwek jest jednym z najbardziej charakterystycznych składników diety śródziemnomorskiej. Ogólnie, oliwa z oliwek w około 73 % składa się z MUFA, kolejne 14 % to udział nasyconych kwasów tłuszczowych (ang. *saturated fatty acid*, SFA) i PUFA, które także stanowią 14 %. Zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w oliwie jest zróżnicowana. Dominują kwasy jednonienasycone: oleinowy (18:1 n-9) (55 ÷ 83 %) i palmitooleinowy (16:1 n-7) (0,3 ÷ 3,5 %). W grupie kwasów wielonienasyconych zidentyfikowano kwasy linolowy (18:2 n-6) (3,5 ÷ 21 %) i α -linolenowy (18:3 n-3) (0,9 ÷ 1,5 %), natomiast kwasy nasycone reprezentują palmitynowy (16:0) (7,5 ÷ 20 %) i stearynowy (C18:0) (0,5 ÷ 5,0 %). Oliwa z oliwek jest klasyfikowana jako tłuszcz monoenowy ze względu na dominujący w oliwie kwas jednonienasycony – oleinowy [18, 100].

W oliwie z oliwek znajdują się także związki (poli)fenolowe, które są odpowiedzialne za stabilność oksydacyjną oliwy i zapobiegają jej utlenianiu. Zawartość tych związków waha się w granicach 50 ÷ 800 mg/kg, a ich stężenie i skład zależą od re-

gionu pochodzenia oliwy, stopnia dojrzałości oliwek, od sposobu produkcji, oczyszczania oraz przechowywania [46, 99]. Do związków fenolowych znajdujących się w oliwie zalicza się m.in. kwasy fenolowe, flawonoidy i glikozydy. Uważa się, że duża zawartość związków fenolowych w oliwie z oliwek zwiększa stabilność oksydacyjną, ale może również nadawać oliwie nadmierną gorzkość za sprawą glikozydu – oleuropeiny [17].

Związki fenolowe i β -karoten to nie jedyne związki o właściwościach przeciwutleniających znajdujących się w oliwie. Te same właściwości wykazują tokoferole. W oliwie z oliwek w największych ilościach występuje α -tokoferol, który stanowi prawie 90 % wszystkich tokoferoli. Z kolei pozostałe tokoferole występują w oliwie w niewielkich ilościach, a tokotrienole nie występują wcale. W oliwie z oliwek znajdują się także fitosterole roślinne, które zalicza się do związków zdolnych do zmniejszenia stężenia cholesterolu całkowitego oraz lipoprotein LDL. W największych ilościach w oliwie z oliwek występuje β -sitosterol, kampesterol i sigmasterol. Z uwagi na dużą zawartość substancji o charakterze przeciwutleniającym oliwa z oliwek chroni zatem przed działaniem wolnych rodników [17, 100].

Niezależnie od właściwości przeciwutleniających, a przez to zwiększających stabilność mieszaniny olejów, należy zwrócić uwagę na dobrze opisane właściwości zdrowotne oleju z oliwek. Badania epidemiologiczne wskazują na związek spożycia oliwy z oliwek z niską zapadalnością na choroby cywilizacyjne. Wynika to faktu, że oliwa z oliwek zawiera duże ilości korzystnego dla zdrowia kwasu oleinowego oraz związków o właściwościach przeciwutleniających. Liczne badania wskazują, że spożycie oliwy poprawia profil lipidowy krwi (zmniejsza stężenie cholesterolu całkowitego i frakcji LDL) oraz zmniejsza stężenie markerów zapalnych [17, 26, 65].

Oleuropeina należy do grupy (poli)fenoli – sekoirydoidów z grupy terpenów. Jest glukozidem estru kwasu elenolowego i 3,4-di-hydroksyfenyloetanolu o masie cząsteczkowej 540,4 kDa. Największe stężenie oleuropeiny w przeliczeniu na suchą masę jest w młodych owocach i może osiągać 140 mg/g, mniejsze – w liściach oliwki: od 60 do 90 mg [44]. Dieta śródziemnomorska zawierająca oliwę z oliwek z pierwszego tłoczenia (bogata w oleuropeinę) przyczynia się do znacznego zmniejszenia ryzyka ChSN (ok. 30 %), w tym zawału mięśnia sercowego, udaru mózgu lub zgonu z przyczyn sercowo-naczyniowych [92]. Codzienne umiarkowane spożycie oliwy z oliwek z pierwszego tłoczenia (1,5 łyżki stołowej) wiązało się z o połowę niższym ryzykiem zgonu z przyczyn sercowo-naczyniowych. Efektów tych nie zaobserwowano w przypadku zwykłej oliwy z oliwek [20]. Biorąc pod uwagę ograniczoną dostępność (wysoki koszt produkcji) oliw z wysoką zawartością (poli)fenoli, opracowano metodę wzbogacania oliwy z oliwek ekstraktem z liści drzewa oliwnego [15, 90]. Wynika z tego, że wzbogacana oliwa znalazła się w kategorii żywności funkcjonalnej.

Przeciwpłytkowe właściwości oliwy z oliwek

Pierwsze badanie interwencyjne donoszące o przeciwpłytkowych właściwościach oliwy z oliwek pochodzą z ubiegłego wieku. Sirtori i wsp. badali 29 pacjentów z dyslipidemią, którzy przez 6 tygodni przyjmowali 45 g oliwy na dobę. Wykazano istotne statystycznie zahamowanie agregacji płytek krwi indukowanej kolagenem [76]. Kolejne badanie interwencyjne, w którym zdrowi ochotnicy przyjmowali 30 g dziennie oliwy z oliwek przez 6 tygodni skutkowało zmniejszeniem agregacji płytek krwi indukowanej ADP, ale bez osiągnięcia istotności statystycznej. W randomizowanym badaniu Agrawal i wsp. dziewięciu zdrowych dawców przyjmowało 40 ml oliwy z oliwek, a pomiar reaktywności płytek krwi był wykonywany przed spożyciem oliwy i 2 godziny po nim. Zaobserwowano, że agregacja płytek krwi indukowana kolagenem zmniejsza się istotnie i jest zależna od zawartości w oliwie oleokantalu (250 i 500 mg/kg), $p = 0,002$ [2]. W pracy Katsa i wsp. wykazano, że oliwa z oliwek o zawartości 500 mg/kg oleokantalu ((poli)fenol) wykazuje aktywność przeciwpłytkową u pacjentów chorujących na cukrzycę. Po spożyciu 40 ml wysoko((poli)fenolowej oliwy z oliwek już po 2 godzinach obserwowano istotne statystyczne (ADP, $p = 0,018$) zahamowanie agregacji płytek krwi [39].

Przeciwpłytkowe właściwości ekstraktu z pomidorów

Na tle cytowanych wyżej publikacji wyjątkowo korzystnie prezentują się wyniki badań wykonane z zastosowaniem wodnego ekstraktu z pomidorów. Pierwszy rozpuszczalny w wodzie ekstrakt z pomidorów, wykazujący działanie przeciwpłytkowe, sporządzili Dutta-Roy i wsp. [37, 57]. Wodny ekstrakt pomidorowy opisany przez O’Kennedy’ego i wsp. przygotowywano ze świeżych owoców pomidora, które poddawano homogenizacji, wirowaniu i ultrafiltracji [56]. Otrzymana frakcja o nazwie tAF (ang. *total active fraction*), którą eluowano metanolem, stanowiła 4 % suchej masy wodnego ekstraktu pomidorowego i wykazywała silne działanie przeciwpłytkowe w teście agregacji. Oprócz tego frakcję tAF rozdzielono na trzy subfrakcje: AF1, AF2 i AF3 (uszeregowane według malejącej polarności), które stanowiły odpowiednio 32 %, 13 % i 55 % suchej masy. Wszystkie wymienione subfrakcje tAF wykazywały właściwości przeciwpłytkowe. Wodny ekstrakt z pomidorów występuje także pod nazwą WSTC (ang. *water-soluble tomato concentrate*). Jest to odtłuszczony i pozbawiony likopenu koncentrat pomidorowy rozpuszczalny w wodzie. Koncentrat ten został opracowany w postaci syropu (WSTC I) oraz w postaci proszku o niskiej zawartości cukru (WSTC II). Oba preparaty zostały wystandaryzowane pod względem zawartości składników o działaniu przeciwpłytkowym [57].

Fuentes i wsp. sugerują, że oprócz (poli)fenoli główną rolę w aktywności antyagregacyjnej WSTC odgrywają nukleozydy, które podobnie jak związki (poli)fenolowe odpowiedzialne są za przeciwapagregacyjne działanie ekstraktu z pomidorów. Zaobser-

wowano wprost proporcjonalną zależność między zawartością adenozyiny w ekstrakcie a stopniem hamowania zależnej od ADP agregacji płytek krwi [25]. Wodny ekstrakt z pomidorów został wykorzystany w badaniach klinicznych, na podstawie których Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (ang. *European Food Safety Authority*, EFSA) wydał opinię, która posłużyła do sformułowania oświadczenia zdrowotnego wskazującego na przeciwplatekcyjne działanie ekstraktu [54]. Zwieńczeniem badań jest wdrożenie do produkcji preparatu FruitFlow® [55].

Biorąc pod uwagę duże ilości wyłoków pomidorowych wytwarzanych przemysłowo, istnieje możliwość wykorzystania tego produktu ubocznego do otrzymania funkcjonalnego produktu o właściwościach przeciwplatekcyjnych i przeciwzakrzepowych, który mógłby znaleźć zastosowanie jako dodatek do zdrowej żywności i tym samym zapobiegać chorobom sercowo-naczyniowym [62].

Skuteczne oddziaływanie żywieniowe – żywność funkcjonalna

Większość zacytowanych badań interwencyjnych klinicznych wykazuje wyższą skuteczność w profilaktyce ChSN naturalnych składników żywności i żywności funkcjonalnej niż suplementów diety. Zwiększenie podaży składników bioaktywnych pochodzenia roślinnego, np. w oparciu o dietę śródziemnomorską może, podobnie jak w przypadku chorób nowotworowych [27], hamować rozwój chorób sercowo-naczyniowych [41, 78]. Dwa omówione wcześniej elementy diety śródziemnomorskiej mogą stanowić podstawę do opracowania żywności funkcjonalnej o działaniu przeciwplatekcyjnym. Z wykonanej analizy piśmiennictwa wynika, że połączenie oliwy z oliwek z przetworami z pomidorów może być sensownym rozwiązaniem [64]. Główna trudność w zaprojektowaniu takiego produktu polega na dobraniu składników o szczególnej charakterystyce. Należy brać pod uwagę istniejące na rynku praktyki fałszowania oliwy z oliwek [16] i poszukać oliwy o wysokiej zawartości oleuropeiny [44]. W przypadku wyłoków pomidorowych, należy wybrać odmianę pomidorów [101], z której otrzymuje się wodne ekstrakty o najwyższej aktywności przeciwplatekcyjnej [62].

Podsumowanie

Mimo licznych badań podstawowych wykazujących przeciwplatekcyjne właściwości bioaktywnych składników diety, nie ma zadowalających dowodów pochodzących z badań interwencyjnych, że suplementowanie preparatami zawierającymi (poli)fenole i/lub nienasycone kwasy tłuszczowe przynosi korzyści w pierwotnej i wtórnej profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych hamując aktywację i reaktywność płytek krwi. Dokonany przegląd piśmiennictwa, podsumowany w Tabeli 1, sugeruje stosowanie różnych przetworów z dużą zawartością masy kakaowej oraz składników diety śródziemnomorskiej o udowodnionym działaniu przeciwplatekcyjnym czyli oliwy z oliwek i pomidorów. Innowacyjnym rozwiązaniem może być połączenie przeciwplatekcyjnych

właściwości wysoko(poli)fenolowej oliwy z oliwek z sokiem pomidorowym [64]. Konieczne jest, w tym przypadku przeprowadzenie badań nad zastosowaniem nowego produktu z kategorii żywności funkcjonalnej w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych wykazującego działanie przeciwpłytkowe.

Literatura

- [1] Adili R., Hawley M., Holinstat M.: Regulation of platelet function and thrombosis by omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Prostaglandins Other Lipid Mediat.*, 2018, 13910-13918.
- [2] Agrawal K., Melliou E., Li X., Pedersen T.L., Wang S.C., Magiatis P., . . . & Holt R.R.: Oleocanthal-rich extra virgin olive oil demonstrates acute anti-platelet effects in healthy men in a randomized trial. *J. Funct. Foods.* 2017, 36, 84-93.
- [3] Albadawi D.A.I., Ravishankar D., Vallance T.M., Patel K., Osborn H.M.I., Vaiyapuri S.: Impacts of Commonly Used Edible Plants on the Modulation of Platelet Function. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23(2), #605.
- [4] Antonopoulou S., Demopoulos C.A.: Protective Effect of Olive Oil Microconstituents in Atherosclerosis: Emphasis on PAF Implicated Atherosclerosis Theory. *Biomolecul.*, 2023, 13(4), #700.
- [5] Arts I.C., Hollman P.C.: Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2005, 81(1 Suppl), 317S-325S.
- [6] Bae J.H., Lim H., Lim S.: The Potential Cardiometabolic Effects of Long-Chain omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Recent Updates and Controversies. *Adv. Nutr.* 2023, S2161.
- [7] Barrera-Reyes P.K., Cortes-Fernandez de Lara J., Poquet L., Redeuil K., Kussmann M., Silva-Zolezzi I., Tejero E.M.: Circulating Structurally Related (-)-Epicatechin Metabolite Species and Levels after Sustained Intake of a Cocoa Powder High in Polyphenols Are Comparable to Those Achieved after a Single Dose. *Nutrients.* 2021, 13(11), #3829.
- [8] Baumgartner P., Reiner M.F., Wiencierz A., Coslovsky M., Bonetti N.R., Filipovic M.G., . . . & Investigators S-A.: Omega-3 Fatty Acids and Heart Rhythm, Rate, and Variability in Atrial Fibrillation. *J. Am. Heart Assoc.*, 2023, 12(11), #027646.
- [9] Bertoni C., Abodi M., D'Orta V., Milani G.P., Agostoni C., Mazzocchi A.: Alpha-Linolenic Acid and Cardiovascular Events: A Narrative Review. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, 24(18), #14319.
- [10] Bhat S., Sarkar S., Zaffar D., Dandona P., Kalyani R.R.: Omega-3 Fatty Acids in Cardiovascular Disease and Diabetes: a Review of Recent Evidence. *Curr. Cardiol. Rep.*, 2023, 25(2), 51-65.
- [11] Bijak M., Sut A., Kosiorek A., Saluk-Bijak J., Golanski J.: Dual Anticoagulant/Antiplatelet Activity of Polyphenolic Grape Seeds Extract. *Nutrients.* 2019, 11(1), #93.
- [12] Bonaccio M., Pounis G., Cerletti C., Donati M.B., Iacoviello L., de Gaetano G., Investigators M-SS.: Mediterranean diet, dietary polyphenols and low grade inflammation: results from the MOLI-SANI study. *Br. J. Clin. Pharmacol.*, 2017, 83(1), 107-113.
- [13] Chaudhary P.K., Kim S., Kim S.: An Insight into Recent Advances on Platelet Function in Health and Disease. *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, 23(11), #6022.
- [14] Chiu Y.H., Chavarro J.E., Dickerman B.A., Manson J.E., Mukamal K.J., Rexrode K.M., . . . & Hernan M.A.: Estimating the effect of nutritional interventions using observational data: the American Heart Association's 2020 Dietary Goals and mortality. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2021, 114(2), 690-703.
- [15] Cuffaro D., Bertini S., Macchia M., Digiacoimo M.: Enhanced Nutraceutical Properties of Extra Virgin Olive Oil Extract by Olive Leaf Enrichment. *Nutrients.* 2023, 15(5), #1073.

- [16] Dankowska A., Malecka M., Kowalewski W.: Zastosowanie fluorymetrii synchronicznej do wykrywania zafalszowania oliwy z oliwek wybranymi olejami z nasion. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 2013, 87(2), 106-115.
- [17] Derosa G., D'Angelo A., Maffioli P.: Properties and uses of *Olea europaea*. *International Journal on Nutraceuticals, Functional Foods and Novel Foods*. 2021, 2, 262-269.
- [18] Derosa G., D'Angelo A., Maffioli P. Properties and uses of *Olea europaea*. *Nutrafoods*. 2021, 2, 262-269.
- [19] Dona M., Fredman G., Schwab J.M., Chiang N., Arita M., Goodarzi A., . . . & Serhan C.N.: Resolvin E1, an EPA-derived mediator in whole blood, selectively counterregulates leukocytes and platelets. *Blood*. 2008, 112(3), 848-855.
- [20] Donat-Vargas C., Lopez-Garcia E., Banegas J.R., Martinez-Gonzalez M.A., Rodriguez-Artalejo F., Guallar-Castillon P.: Only virgin type of olive oil consumption reduces the risk of mortality. Results from a Mediterranean population-based cohort. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2023, 77(2), 226-234.
- [21] EFSA Panel on Dietetic Products N, Allergies. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage (ID 1333, 1638, 1639, 1696, 2865), maintenance of normal blood HDL cholesterol concentrations (ID 1639), mainte. *EFSA Journal*. 2011, 9(4).
- [22] Fernández-Rojas M., Rodríguez L., Trostchansky A., Fuentes E.: Regulation of platelet function by natural bioactive compounds. *Food Biosci.*, 2022, 48, #101742.
- [23] Fredman G., Van Dyke T.E., Serhan C.N.: Resolvin E1 regulates adenosine diphosphate activation of human platelets. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 2010, 30(10), 2005-2013.
- [24] Freedman J.E., Parker Iii C., Li L., Perlman J.A., Frei B., Ivanov V., . . . & Folts J.D.: Select flavonoids and whole juice from purple grapes inhibit platelet function and enhance nitric oxide release. *Circulation*. 2001, 103(23), 2792-2798.
- [25] Fuentes E., Trostchansky A., Reguengo L.M., Maróstica M.R., Jr., Palomo I.: Antiplatelet effects of bioactive compounds present in tomato pomace. *Curr. Drug Targets*. 2021, 22(15), 1716-1724.
- [26] Gavahian M., Khaneghah A.M., Lorenzo J.M., Munekata P.E., Garcia-Mantrana I., Collado M.C., . . . & Barba F.J.: Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases. *Trends Food Sci. Technol.*, 2019, 88, 220-227.
- [27] Goderska K., Nikrandt G.: Rola żywienia i substancji bioaktywnych pochodzenia roślinnego w prewencji chorób nowotworowych. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 2023, 30(1), 5-18.
- [28] Golanski J., Golanski R., Kuliczkowski W., Watala C.: The laboratory testing of different acetylsalicylic acid doses and the usefulness of plant polyphenol substances as antiplatelet supplementing therapy in patients after coronary artery bypass grafting surgery. *Kardi chir. Torakochir. Pol.* 2011, 8(2), 175-180.
- [29] Golanski J., Kosiorek A., Chizynski K., Watala C.: Teoria i praktyka wykorzystania przeciwplytkowych właściwości polifenoli roślinnych w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych. *Pol. Przegl. Kardiol.*, 2013, 15(1), 50-54.
- [30] Golanski J., Muchova J., Golanski R., Durackova Z., Markuszewski L., Watala C.: Does pycnogenol intensify the efficacy of acetylsalicylic acid in the inhibition of platelet function? *In vitro* experience. *Postepy Hig. Med. Dosw.(Online)*, 2006, 60, 316-321.
- [31] Golanski J., Szymanska P., Rozalski M.: Effects of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Metabolites on Haemostasis-Current Perspectives in Cardiovascular Disease. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, 22(5), #2394.
- [32] Hernaez A., Castaner O., Tresserra-Rimbau A., Pinto X., Fito M., Casas R., . . . & Estruch R.: Mediterranean Diet and Atherothrombosis Biomarkers: A Randomized Controlled Trial. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2020, 64(20), #2000350.

- [33] Holy E.W., Forestier M., Richter E.K., Akhmedov A., Leiber F., Camici G.G., . . . & Tanner F.C.: Dietary alpha-linolenic acid inhibits arterial thrombus formation, tissue factor expression, and platelet activation. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 2011, 31(8), 1772-1780.
- [34] Innes A.J., Kennedy G., McLaren M., Bancroft A.J., Belch J.J.: Dark chocolate inhibits platelet aggregation in healthy volunteers. *Platelets*, 2003, 14(5), 325-327.
- [35] Izzi B., Costanzo S., Gialluisi A., De Curtis A., Magnacca S., Panzera T., . . . & Iacoviello L.: Platelet distribution width is associated with cardiovascular mortality in an adult general population. *Bleed. Thromb. Vasc. Biol.*, 2023, 2(3), #83.
- [36] Jankovic N., Geelen A., Streppel M.T., De Groot L.C., Kiefte-de Jong J.C., Orfanos P., . . . & Bobak M.: WHO guidelines for a healthy diet and mortality from cardiovascular disease in European and American elderly: the CHANCES project. *The Am. J. Clin. Nutr.*, 2015, 102(4), 745-756.
- [37] KDutta-Roy L.C., Margaret J., Gordon A.: Effects of tomato extract on human platelet aggregation in vitro. *Platelets*. 2001, 12(4), 218-227.
- [38] Kander T., Lindblom E., Schott U.: Dose-response effects of omega-3 on platelet aggregation: an observational study. *J. Int. Med. Res.*, 2018, 46(12), 5074-5082.
- [39] Katsa M.E., Ketselidi K., Kalliostra M., Ioannidis A., Rojas Gil A.P., Diamantakos P., . . . & Nomikos T.: Acute Antiplatelet Effects of an Oleocanthal-Rich Olive Oil in Type II Diabetic Patients: A Postprandial Study. *Int. J. Mol. Sci.*, 2024, 25(2), #908.
- [40] Kiyimba T., Yiga P., Bamuwanye M., Ogwok P., Van der Schueren B., Matthys C.: Efficacy of Dietary Polyphenols from Whole Foods and Purified Food Polyphenol Extracts in Optimizing Cardiometabolic Health: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Adv. Nutr.* 2023, 14(2), 270-282.
- [41] Laffond A., Rivera-Picon C., Rodriguez-Munoz P.M., Juarez-Vela R., Ruiz de Vinaspre-Hernandez R., Navas-Echazarreta N., Sanchez-Gonzalez J.L.: Mediterranean Diet for Primary and Secondary Prevention of Cardiovascular Disease and Mortality: An Updated Systematic Review. *Nutrients*. 2023, 15(15), #3356.
- [42] Laguzzi F., Akesson A., Marklund M., Qian F., Gigante B., Bartz T.M., . . . & Leander K.: Role of Polyunsaturated Fat in Modifying Cardiovascular Risk Associated With Family History of Cardiovascular Disease: Pooled De Novo Results From 15 Observational Studies. *Circulation*, 2023, 149(4), 305-316.
- [43] Larson M.K., Shearer G.C., Ashmore J.H., Anderson-Daniels J.M., Graslie E.L., Tholen J.T., . . . & Harris W.S.: Omega-3 fatty acids modulate collagen signaling in human platelets. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids*. 2011, 84(3-4), 93-98.
- [44] Luaces P., Pascual M., Perez A.G., Sanz C.: An Easy-to-Use Procedure for the Measurement of Total Phenolic Compounds in Olive Fruit. *Antioxidants*, 2021, 10(11), #1656
- [45] Manach C., Williamson G., Morand C., Scalbert A., Rémésy C.: Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The Am. J. Clin. Nutr.*, 2005, 81(1), 230S-242S.
- [46] Mancebo-Campos V., Salvador M.D., Fregapane G.: EFSA Health Claims-Based Virgin Olive Oil Shelf-Life. *Antioxidants*, 2023, 12(8), #1563.
- [47] Martinez-Gonzalez M.A., Sayon-Orea C., Bullon-Vela V., Bes-Rastrollo M., Rodriguez-Artalejo F., Yusta-Boyo M.J., Garcia-Solano M.: Effect of olive oil consumption on cardiovascular disease, cancer, type 2 diabetes, and all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Nutr.* 2022, 41(12), 2659-2682.
- [48] Mason R.P., Sherratt S.C.R., Eckel R.H.: Omega-3-fatty acids: Do they prevent cardiovascular disease? *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2023, 37(3), #101681.

- [49] Naghshi S., Aune D., Beyene J., Mobarak S., Asadi M., Sadeghi O.: Dietary intake and biomarkers of alpha linolenic acid and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *BMJ*. 2021, 375, #2213.
- [50] Neuenschwander M., Stadelmaier J., Eble J., Grummich K., Szczerba E., Kiesswetter E., . . & Schwingshackl L.: Substitution of animal-based with plant-based foods on cardiometabolic health and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *BMC Med*. 2023, 21(1), #404.
- [51] Nomikos T., Fragopoulou E., Antonopoulou S., Panagiotakos D.B.: Mediterranean diet and platelet-activating factor; a systematic review. *Clin. Biochem.*, 2018, 60, 1-10.
- [52] Nomikos T., Katsa E.: Olive Oil Phenolics and Platelets – From Molecular Mechanisms to Human Studies. *Rev. Cardiovasc. Med.*, 2022, 23(8), #255.
- [53] Nouruzi S., Vasheghani Farahani A., Rezaeizadeh H., Ghafouri P., Ghorashi S.M., Omid N.: Platelet Aggregation Inhibition: An Evidence-Based Systematic Review on the Role of Herbs for Primary Prevention Based on Randomized Controlled Trials. *Iran. J. Med. Sci.*, 2022, 47(6), 505-516.
- [54] O’Kennedy N., Crosbie L., Song H.J., Zhang X., Horgan G., Duttaroy A.K.: A randomised controlled trial comparing a dietary antiplatelet, the water-soluble tomato extract Fruitflow, with 75 mg aspirin in healthy subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2017, 71(6), 723-730.
- [55] O’Kennedy N., Duss R., Duttaroy A.K.: Dietary Antiplatelets: A New Perspective on the Health Benefits of the Water-Soluble Tomato Concentrate Fruitflow®. *Nutrients*. 2021, 13(7), #2184.
- [56] O’Kennedy N., Raederstorff D., Duttaroy A.K.: Fruitflow®: the first European Food Safety Authority-approved natural cardio-protective functional ingredient. *Eur. J. Nutr.*, 2017, 56(2), 461-482.
- [57] O’Kennedy N., Crosbie L., van Lieshout M., Broom J.I., Webb D.J., Duttaroy A.K.: Effects of antiplatelet components of tomato extract on platelet function in vitro and ex vivo: a time-course cannulation study in healthy humans. *The Am. J. Clin. Nutr.*, 2006, 84(3), 570-579.
- [58] Palomo I., Toro C., Alarcón M.: The role of platelets in the pathophysiology of atherosclerosis (Review). *Mol. Med. Rep.*, 2008, 1(2), 179-184.
- [59] Pant A., Gribbin S., McIntyre D., Trivedi R., Marschner S., Laranjo L., . . & Zaman S.: Primary prevention of cardiovascular disease in women with a Mediterranean diet: systematic review and meta-analysis. *Heart*, 2023, 109(16), 1208-1215.
- [60] Pearson D.A., Paglieroni T.G., Rein D., Wun T., Schramm D.D., Wang J.F., . . & Keen C.L.: The effects of flavanol-rich cocoa and aspirin on ex vivo platelet function. *Thromb. Res*. 2002, 106(4-5), 191-197.
- [61] Pignatelli P., Lenti L., Pulcinelli F.M., Catasca R., Sacconi G., Germano G., . . & Violi F.: Red and white wine differently affect collagen-induced platelet aggregation. *Pathophysiol. Haemost. Thromb*. 2002, 32(5-6), 356-358.
- [62] Plaza A., Rodriguez L., Concha-Meyer A.A., Cabezas R., Zurob E., Merlet G., . . & Fuentes E.: Effects of Extraction Methods on Phenolic Content, Antioxidant and Antiplatelet Activities of Tomato Pomace Extracts. *Plants*, 2023, 12(5), 1188.
- [63] Prasad P., Anjali P., Sreedhar R.V.: Plant-based stearidonic acid as sustainable source of omega-3 fatty acid with functional outcomes on human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2021, 61(10), 1725-1737.
- [64] Pulcinelli F., Curreli M., Natali P.G., Quaresima V., Imberti L., Piantelli M.: Development of the whole tomato and olive-based food supplement enriched with anti-platelet aggregating nutrients. *Nutr. Health*. 2023, 29(2), 193-197.
- [65] Rabail R., Shabbir M.A., Sahar A., Miecznikowski A., Kieliszek M., Aadil R.M.: An Intricate Review on Nutritional and Analytical Profiling of Coconut, Flaxseed, Olive, and Sunflower Oil Blends. *Molecules*. 2021, 26(23), #7187.

- [66] Rajan L., Radhakrishnan A., Alagarsamy K.N., Srivastava A., Dhingra S., Booker A., . . . & Mohan-kumar S.K.: Green tea polyphenols in cardiometabolic health: A critical appraisal on phyto-genomics towards personalized green tea. *Pharma. Nutr.*, 2022, 20, #100296.
- [67] Renaud Sd, de Lorgeril M. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *The Lancet*. 1992, 339(8808), 1523-1526.
- [68] Rizzo G., Baroni L., Lombardo M.: Promising Sources of Plant-Derived Polyunsaturated Fatty Acids: A Narrative Review. *Int J Environ. Res Public Health.*, 2023, 20(3), #1683.
- [69] Rodriguez D., Lavie C.J., Elagizi A., Milani R.V.: Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Cardiovascular Health. *Nutrients*. 2022, 14(23), #5146.
- [70] Sala-Vila A., Fleming J., Kris-Etherton P., Ros E.: Impact of Alpha-linolenic Acid, the Vegetable Omega-3 Fatty Acid, on Cardiovascular Disease and Cognition. *Adv. Nutr.*, 2022, 13(5), 1584-1602.
- [71] Santa-Maria C., Lopez-Enriquez S., Montserrat-de la Paz S., Geniz I., Reyes-Quiroz M.E., Moreno M., . . . & Alba G.: Update on Anti-Inflammatory Molecular Mechanisms Induced by Oleic Acid. *Nutrients*, 2023, 15(1), #224.
- [72] Schwingshackl L., Hesecker H., Kiesswetter E., Koletzko B.: Dietary fat and fatty foods in the prevention of non-communicable diseases: A review of the evidence. *Trends Food Sci. Technol.*, 2022, 128, 173-184.
- [73] Schwingshackl L., Hoffmann G.: Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease: synopsis of the evidence available from systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients*. 2012, 4(12), 1989-2007.
- [74] Seecheran N.A., Sukha D., Grimaldos K., Grimaldos G., Richard S., Ishmael A., . . . & Schneider D.: Effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.) on platelet function testing profiles in patients with coronary artery disease: ECLAIR pilot study. *Open Heart*. 2022, 9(2), #002066.
- [75] Sheikh O., Vande Hei A.G., Battisha A., Hammad T., Pham S., Chilton R.: Cardiovascular, electro-physiologic, and hematologic effects of omega-3 fatty acids beyond reducing hypertriglyceridemia: as it pertains to the recently published REDUCE-IT trial. *Cardiovasc. Diabetol.*, 2019, 24, 18(1), #84.
- [76] Sirtori C.R., Tremoli E., Gatti E., Montanari G., Sirtori M., Colli S., . . . & Testolin G.: Controlled evaluation of fat intake in the Mediterranean diet: comparative activities of olive oil and corn oil on plasma lipids and platelets in high-risk patients. *The Am. J. Clin. Nutr.*, 1986, 44(5), 635-642.
- [77] Stark K., Massberg S.: Interplay between inflammation and thrombosis in cardiovascular pathology. *Nat. Rev. Cardiol.*, 2021, 18(9), 666-682.
- [78] Stefler D., Maljutina S., Kubinova R., Pajak A., Peasey A., Pikhart H., . . . & Bobak M.: Mediterranean diet score and total and cardiovascular mortality in Eastern Europe: the HAPIEE study. *Eur. J. Nutr.*, 2017, 56(1), 421-429.
- [79] Steptoe A., Gibson E.L., Vuononvirta R., Hamer M., Wardle J., Rycroft J.A., . . . & Erusalimsky J.D.: The effects of chronic tea intake on platelet activation and inflammation: a double-blind placebo controlled trial. *Atherosclerosis*. 2007, 193(2), 277-282.
- [80] Stivala S., Gobbato S., Bonetti N., Camici G.G., Lüscher T.F., Beer J.H.: Dietary alpha-linolenic acid reduces platelet activation and collagen-mediated cell adhesion in sickle cell disease mice. *J. Thrombos. Haemostas.*, 2022, 20(2), 375-386.
- [81] Stupin M., Kibel A., Stupin A., Selthofer-Relatic K., Matic A., Mihalj M., . . . & Drenjancevic I.: The Physiological Effect of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids (n-3 PUFAs) Intake and Exercise on Hemorrhology, Microvascular Function, and Physical Performance in Health and Cardiovascular Diseases; Is There an Interaction of Exercise and Dietary n-3 PUFA Intake? *Front. Physiol.*, 2019, #101129.

- [82] Sut A., Chizynski K., Rozalski M., Golanski J.: Dietary intake of omega fatty acids and polyphenols and its relationship with the levels of inflammatory markers in men with chronic coronary syndrome after percutaneous coronary intervention. *Kardiol. Pol.*, 2020, 78(2), 117-123.
- [83] Syska K., Kosiorek A., Podsedek A., Rozalski M., Golanski J.: Propozycja procedury oceny przeciwpłytkowych właściwości preparatów polifenolowych pochodzenia roślinnego w badaniach *in vitro*. *Postepy Fitoterapii*, 2012, (1), 3-10.
- [84] Szczepanska E., Bialek-Dratwa A., Janota B., Kowalski O.: Dietary Therapy in Prevention of Cardiovascular Disease (CVD)-Tradition or Modernity? A Review of the Latest Approaches to Nutrition in CVD. *Nutrients*, 2022, 14(13), #2649.
- [85] Szymańska P., Luzak B., Milowska K., Golanski J.: The Anti-Aggregative Potential of Resolvin E1 on Human Platelets. *Molecules*. 2023, 28(14), #5323.
- [86] Szymańska P., Luzak B., Siarkiewicz P., Golański J.: Platelets as Potential Non-Traditional Cardiovascular Risk Factor – Analysis Performed in Healthy Donors. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, 24(19), 14914.
- [87] Vaduganathan M., Mensah G.A., Turco J.V., Fuster V, Roth G.A.: The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk: A Compass for Future Health. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2022, 80(25), 2361-2371.
- [88] Vassiliou V.S., Tsampasian V., Abreu A., Kurpas D., Cavarretta E., O'Flaherty M., . . & Marques-Vidal P.: Promotion of healthy nutrition in primary and secondary cardiovascular disease prevention: a clinical consensus statement from the European Association of Preventive Cardiology. *Eur. J. Prevent. Cardiol.*, 2023, 30(8), 696-706.
- [89] Vicario I.M., Malkova D., Lund E.K., Johnson I.T.: Olive oil supplementation in healthy adults: effects in cell membrane fatty acid composition and platelet function. *Ann. Nutr. Metabol.*, 1998, 42(3), 160-169.
- [90] Vidal A.M., Moya M., Alcalá S., Romero I., Espinola F.: Enrichment of Refined Olive Oils with Phenolic Extracts of Olive Leaf and Exhausted Olive Pomace. *Antioxidants*, 2022, 11(2), #204.
- [91] Vignini A., Nanetti L., Raffaelli F., Sabbatinelli J., Salvolini E., Quagliarini V., . . & Mazzanti L.: Effect of 1-y oral supplementation with vitaminized olive oil on platelets from healthy postmenopausal women. *Nutrition*. 2017, 42, 92-98.
- [92] Viola F., Pastori D., Pignatelli P., Carnevale R.: Nutrition, Thrombosis, and Cardiovascular Disease. *Circ. Res.*, 2020, 126(10), 1415-1442.
- [93] Visseren F.L.J., Mach F., Smulders Y.M., Carballo D., Koskinas K.C., Back M., . . Bryan W.: 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur. Heart. J.* 2021, 42(34), 3227-3337.
- [94] Wachira J.K., Larson M.K., Harris W.S.: n-3 Fatty acids affect haemostasis but do not increase the risk of bleeding: clinical observations and mechanistic insights. *Br J Nutr.* 2014, 111(9), 1652-1662.
- [95] Wang-Polagruto J.F., Villablanca A.C., Polagruto J.A., Lee L., Holt R.R., Schrader H.R. et al. Chronic consumption of flavanol-rich cocoa improves endothelial function and decreases vascular cell adhesion molecule in hypercholesterolemic postmenopausal women. *J. Cardiovasc. Pharmacol.*, 2006, 47(suppl. 2), S177-S186.
- [96] Wang Q, Liu R, Chang M, Zhang H, Jin Q, Wang X.: Dietary oleic acid supplementation and blood inflammatory markers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2020, 62(9), 2508-2525.
- [97] Wang Q., Sun Y., Xu Q., Liu W., Wang P., Yao J, . . & Wang W.: Higher dietary inflammation potential and certain dietary patterns are associated with polycystic ovary syndrome risk in China: A case-control study. *Nutr. Res.*, 2022, 100, 1-18.
- [98] Wei J., Hou R., Xi Y., Kowalski A., Wang T., Yu Z., . . & Ali M.K.: The association and dose-response relationship between dietary intake of alpha-linolenic acid and risk of CHD: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Br. J. Nutr.*, 2018, 119(1), 83-89.

- [99] Wroniak M.: Oliwa z oliwek – znaczenie, technologia, klasyfikacja. *Przem. Spoż.*, 2008, 62(6), 26-31.
- [100] Wroniak M., Maszewska M.: Oliwa z oliwek w diecie śródziemnomorskiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2011, 78(5), 26-36.
- [101] Zalewska-Korona M., Jablonska-Rys E.: Ocena przydatności do przetwórstwa owoców wybranych odmian pomidora gruntowego. *Żywność.Nauka.Technologia.Jakość.*, 2012, 81(2), 77-87.
- [102] Zhou X., Zhou X., Zhu R., Ming Z., Cheng Z., Hu Y.: The mechanism of oleic acid inhibiting platelet activation stimulated by collagen. *Cell Communication and Signaling.* 2023, 21(1), #278.
- [103] Zieba K., Makarewicz-Wujec M., Kozłowska-Wojciechowska M.: Cardioprotective Mechanisms of Cocoa. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2019, 38(6), 564-575.

THE IMPORTANCE OF SELECTED FOOD INGREDIENTS OF PLANT ORIGIN THAT INHIBIT PLATELET FUNCTIONS IN THE PRIMARY PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES

S u m m a r y

Background. Cardiovascular diseases (CVDs), which are responsible for the largest number of deaths in the world, are caused by modifiable factors, including improper nutrition, high levels of LDL cholesterol or triglycerides in blood serum, as well as inflammation or increased platelet activity. The results of many scientific studies, including meta-analyses from randomized controlled trials, indicate that food rich in (poly)phenols or unsaturated fatty acids significantly reduces the risk of CVD by normalizing blood lipid levels, reducing platelet activity, and having anti-inflammatory and antioxidant effects. The combination of both active ingredients is the Mediterranean diet, based on a high consumption of olive oil and vegetables, and the ingredients of this diet are included in European health claims (tomato extract has antiplatelet properties; olive (poly)phenols have antioxidant and anti-inflammatory properties).

Results and conclusions. The paper describes the most important (poly)phenolic compounds and fatty acids contained in vegetable oils with antiplatelet properties and describes publications proving their effect in model systems (in vitro). Due to the limited bioavailability of plant-derived compounds with antiplatelet properties, there is still no satisfactory evidence from clinical trials that supplementation with preparations containing (poly)phenols and/or unsaturated fatty acids is beneficial in the primary prevention of cardiovascular diseases, the focus should be on developing foods that combine the health-promoting effects of olive oil and processed tomatoes. Research into the use of such designed functional foods showing antiplatelet effects in the prevention of cardiovascular diseases should be considered.

Keywords: cardiovascular disease, platelets, olive oil, tomatoes, functional food 

MAREK ZBOROWSKI, ANNA MIKULEC, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ,
ANNA PLATTA, STANISŁAW KOWALSKI, ALEKSANDRA STAWIARSKA

THE STATE OF KNOWLEDGE ON FOOD SAFETY AND FOOD WASTE AMONG YOUNG CONSUMERS – PART 2

S u m m a r y

Background. Nutrition is one of the most important lifestyle factors that can affect health and disease development. Eating behavior that takes into account proper hygiene habits can be an effective method of preventing most food-borne diseases. With the dynamic development of global food markets and the increased availability of food, especially in high developed countries, there is a progressive phenomenon related to irrational food management at all stages of the food chain. This has both environmental, economic, ethical and social consequences. The aim of the study was to determine the level of knowledge of young consumers about food safety and food-related conditions, as well as food losses and waste.

Results and conclusions. Among the respondents, the biggest group comprised young consumers aged 15 ÷ 26, living mainly in rural areas. The object of interest of the research team was to determine the state of knowledge about food safety and food, the impact of food loss and waste on food safety, and how to reduce the risk of purchasing and consuming unsafe food. In addition, it was determined what type of information is checked on packages when shopping. It was shown that young consumers are nutritionally knowledgeable and pay attention to food labels. Consideration should be given to educating students about safety, the quality of the food they choose, and reducing food waste and its consequences.

Keywords: food safety, education, young consumers, food waste, food labels

*mgr inż. M. Zborowski, ORCID: 0000-0003-2695-2491, Katedra Dietetyki, Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Kościuszki 2G, 33-300 Nowy Sącz; dr inż. A. Mikulec, ORCID: 0000-0002-2737-5967, Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Wydział Nauk Inżynierskich, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz; dr U. Cisoń-Apanasewicz ORCID: 0000-0003-4309-8442, Katedra Pielęgniarstwa, Wydział Lekarski i Nauk o Zdrowiu, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Kościuszki 2G; 33-300 Nowy Sącz; dr inż. A. Platta ORCID: 0000-0002-7963-1889, Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia; dr hab. inż., prof. URK S. Kowalski, ORCID: 0000-0001-5269-0291, Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zbóż, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kollątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków; dr A. Stawiarska ORCID: 0000-0002-8970-5554, Katedra Dietetyki; Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Kościuszki 2G, 33-300 Nowy Sącz.
Kontakt: e-mail: mzbrowski@ans-ns.edu.pl*

Introduction

Nutrition is one of the most important lifestyle factors that can influence health status and the development of diseases [30]. Eating behaviors that incorporate good hygiene habits can be an effective method of preventing most foodborne diseases. Despite the risks associated with the increasing incidence of foodborne diseases, children and adolescents are at greater risk of developing infections and serious health consequences, as are pregnant women, the elderly and immunocompromised individuals [9]. Food security is one of the basic human needs stemming from the need to access and feel safe with food [15, 17,27]. Its importance, according to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), is defined as a situation in which all people at all times have physical, social and economic access to sufficient, safe and adequate quality food to meet their nutritional needs and preferences for leading an active and healthy life [10]. Physical access to food is determined by the supply of food. Economic access to food is determined by one's resources, mainly financial ones. Social access to food is determined by membership of social groups with specific dietary preferences due to, among other things, geographical location, culture, religion [18,22]. When it comes to food security, it is also impossible not to mention food safety, which is currently a major challenge and an important factor that consumers worldwide take into account when making food choices [20]. According to Keener [13], food safety is defined as “the biological, chemical, or physical status of food that will permit its consumption without incurring excessive risk of injury, morbidity, or mortality”. In recent years, there have been a number of adverse phenomena related to food adulteration and an increase in food contamination, with a consequent reduction in the level of food quality and safety and a decrease in consumers’ trust [20].

According to estimates by the United Nations Department of Economic and Social Affairs, the number of people on Earth will reach 9.8 billion in 2050 and 11.2 billion in 2100 [28]. With the dynamic development of global food markets and the increased availability of food, especially in highly developed countries, there is a progressive phenomenon related to food irrationality at all stages of the food chain. These have both environmental, economic, ethical and social consequences [23, 32]. According to the report of the United States Department of Agriculture, “food loss” means “the amount of edible food that is available to humans after harvest consumption but is not consumed for any reason; includes cooking loss and natural shrinkage (e.g. loss of moisture); losses due to mold, pests or inadequate climate control; and plate waste” [29].

Addressing food loss and waste is one of the objectives of sustainable development directly correlated with the need to educate society as a basis for improving the quality of life and being able to find innovative solutions for the 21st century [19, 24]. As consumption increases, water and other natural resources are also wasted [13]. Wa-

ter is an essential element for the proper functioning of the entire system [26]. Although an increasing number of consumers show interest in the impact of purchasing decisions on environmental degradation, they often do not exhibit behavior that promotes the right social attitude. The observed discrepancy is referred to as the 'attitude-behavior gap' and is currently a major challenge for the development and promotion of sustainable consumption [25]. Information on food labels is intended to convey information about the quality or freshness of the product [13].

The aim of the study was to determine the level of knowledge of young consumers about food safety and food-related conditions, as well as food losses and waste.

Material and methods

The publication is a continuation of the research conducted by Mikulec et al. [19] on the state of knowledge of young consumers about food safety and food waste. The cross-sectional survey was conducted between September and December 2022 using the CAWI (*Computer-Assisted Web Interview*) data collection technique. Anonymity and confidentiality of data was ensured. The survey adhered to the ethical principles of non-violence, voluntariness, justice and autonomy, in line with the accepted principles of the 2013 Declaration of Helsinki [31].

The survey included questions about the socio-demographic data of the study participants. The second part of the survey included questions about issues related to food security (definition, factors threatening food security in the world). The next part of the survey concerned issues related to food safety and food losses and waste around the world. The respondents were asked about the definition and factors threatening food quality and safety. The questions addressed to the respondents also included issues regarding the 2030 Agenda for Sustainable Development and the 2030 Sustainable Development Goals. The respondents answered questions about the perception of food waste, the scale of its occurrence, the causes and groups of food products most frequently wasted. An indispensable factor related to food waste and its scale is also the ability to read and interpret food labels. The respondents answered questions about their ability to read food labels and information to which they pay particular attention. The questions were differentiated in terms of answer options - single- and multiple-answer questions.

The research sample was recruited from among young people in Poland via advertisements on social media, including discussion forums. People interested in voluntary participation in the study were provided with electronic access to the survey questionnaire if they met the only inclusion criterion, which included the age range from 15 to 29 years. The study participants gave informed consent to participate in the study. For 119 respondents under the age of 18, consent was sought from their parent or legal guardian. Of the 664 completed questionnaires collected, 640 were qualified for further

statistical analysis. The remaining part of the collected results was rejected due to errors. The study used a self-administered questionnaire consisting of closed-ended questions, covering various aspects related to consumer awareness of food safety and waste, and behavior when making food choices.

The respondents were required to provide information such as gender, age, education level, place of residence and household size. The research part of the questionnaire included questions on the respondents' knowledge of food safety and the factors affecting it, food waste and the information provided to consumers through food labels.

The collected data was analyzed using Statistica 13.3 (Tibco, Krakow, Poland). The study results were presented using percentage distribution (%), indicating the proportion of each score (% of indications). By age, the respondents were divided into two age groups 15 ÷ 19 (the age at which young people attend secondary school) and 20 ÷ 29 (the age at which young adults potentially start their independent lives). To assess differences between groups categorized by education, age and place of residence, the Chi-square test of independence with Yates correction was employed. A statistical significance level of $p < 0.05$ was considered for all analyses.

Results and discussion

The characteristics of the study group of the respondents are presented in Table 1. The largest proportion of participants in the study were women (72.3 %). Taking into account the age ranges, the most numerous groups of participants were respondents aged 15 ÷ 19 years and 20 ÷ 29 years, respectively. Rural residents (61.4 %) attending secondary school predominated.

The subject of interest to the research team was to determine the state of knowledge about food security of the respondents surveyed (Table 2). The most frequently indicated responses among the respondents with primary and post-primary education were "is a situation in which all people have physical, social and economic access to sufficient, safe food at all times" and " is the satisfaction of people's nutritional needs enabling them to live active and healthy lives ", which is in line with the definition of the International Food and Agriculture Organization [10]. Among the respondents with higher education, the second most frequently indicated response was "is constant access to food in sufficient quantities to ensure its diversity". The most frequently indicated response among the respondents with primary education was "it is meeting people's nutritional needs to enable them to live active and healthy lives"; the response was statistically significant ($p < 0.05$).

Table 1. Characteristics of the study sample

Tabela 1. Charakterystyka badanej grupy

Parameters / Parametr	Number of Respondents [n] / Liczba Respondentów [n]	Percentage [%] / Odsetek [%]
Gender / Płeć		
Female / Kobiety	463	72.3
Male / Mężczyźni	177	27.7
Age [years] / Wiek [lata]		
15÷19	275	43,38
20÷29	365	56,62
Place of residence / [Miejsce zamieszkania]		
Countryside / Wieś	393	61.4
City / Miasto	247	38.6
Education / Wykształcenie		
Primary school / Podstawowe	198	30.9
Secondary school / Średnie	314	49.1
Higher education / Wyższe	128	20.0

Table 2. % distributions of answers by education, age and place of residence of respondents - defining food security (results do not add up to 100% because of multiple choice question)

Tabela 2. % rozkład odpowiedzi według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania ankietowanych – definiowanie bezpieczeństwa żywnościowego (wyniki nie sumują się do 100% - pytanie wielokrotnego wyboru)

Bezpieczeństwo żywności to / Food safety is	Education [%] / Wykształcenie [%]			<i>p</i> *	Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe		15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
A	54.5	70.0	65.6	<0.01	56.4	70.4	<0.01	61.8	68.4	0.09
B	55.5	39.5	38.3	<0.01	54.9	36.1	<0.01	49.1	36.4	<0.01
C	38.9	45.8	46.9	0.22	41.4	45.7	0.24	41.5	47.7	0.14
D	18.7	13.7	12.5	0.22	17.1	13.4	0.28	16.5	12.5	0.21

*Chi²

Explanatory notes / Objasnienia:

A – is a situation in which all people have physical, social and economic access to sufficient, safe food at all times; B – is the satisfaction of people's nutritional needs enabling them to live active and healthy lives; C – is the constant access to food in sufficient quantities to ensure its diversity; D – is the satisfaction of people's food preferences.

A – to sytuacja, w której wszyscy ludzie przez cały czas mają fizyczny, społeczny i ekonomiczny dostęp do wystarczającej, bezpiecznej żywności; B – to zaspokojenie potrzeb żywieniowych ludzi umożliwiające prowadzenie aktywnego i zdrowego życia; C – to stały dostęp do żywności w wystarczających ilościach, zapewniających jego różnorodność; D – to zaspokojenie preferencji żywieniowych ludzi.

Among the factors posing threats to food security (Table 3), the youngest respondents most frequently indicated food prices (52.0 %) and food loss and waste (34.8 %). The indicated factors were statistically significant ($p < 0.05$). For those with secondary education, the highest percentage also indicated food prices (48.4 %) and the growth of areas with water scarcity (40.4 %). The same factor was also a concern among the respondents with a tertiary education (45.3 % of indications). These factors are indirectly linked to climate change with consequent constraints on supply chains and price increases [18]. In September 2021, the United Nations Food Systems Summit (UNFSS) took place in New York. The focus was on the 'three Cs' that are disrupting food systems and threatening recent progress in alleviating hunger, malnutrition and undernutrition: global environmental climate change, COVID-19 and conflict. Delegates from nearly 183 countries were united on the need to make the changes necessary to achieve the Sustainable Development Goals. The three C's interact with five other mediators on which food systems depend: the geopolitics of our global food systems, fertilizers, finance, feed and fuel. Our global food system is relatively vulnerable to each driver or mediator. However, all can interact to amplify further impacts on people, their health and their diets. For example, reduced food availability has financial implications (and vice versa) [12].

Table 3. Factors most threatening to food security by education level, age and place of residence (i.e. multiple responses)

Tabela 3. Czynniki najbardziej zagrażające bezpieczeństwu żywnościowemu według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania (j.w. wielokrotna odpowiedź)

Czynniki / Factors	Responses [%] / Odpowiedzi [%]									
	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	p^*	15÷19	20÷29	p	Countryside / Wieś	City / Miasto	p
Global population growth / Wzrost liczby ludności na świecie	23.7	24.8	30.5	0.37	23.3	27.4	0.4	21.4	32.4	<0.01
Increase in global demand for food / Wzrost globalnego zapotrzebowania na żywność	32.3	32.8	28.9	0.62	33.5	28.8	0.3	29.3	33.21	0.34

Changes in consumption patterns / Zmiany we wzorcach konsumpcji	8.5	7.0	6.25	0.69	7.64	7.1	0.8	8.1	6.1	0.41
Food prices / Ceny żywności	52.0	48.4	34.4	0.01	54.9	40.5	<0.01	51.1	39.7	0.01
Increase in areas with water shortages / Wzrost obszarów z niedoborem wody	24.7	40.5	45.3	0.01	26.18	44.5	<0.01	33.6	41.3	0.06
Reduction in land availability / Ograniczenie dostępności gruntów	9.1	12.4	14.1	0.33	9.1	13.7	0.13	12.0	11.3	0.81
Climate change / Zmiany klimatu	29.8	36.9	41.4	0.08	28.4	41.1	<0.01	35.1	36.4	0.73
Loss of biodiversity / Zanikanie bioróżnorodności	4.5	8.9	9.8	0.12	4.7	9.9	0.02	7.4	8.1	0.88
Food loss and waste / Straty i marnotrawstwo żywności	34.8	35.7	21.9	0.01	35.3	30.7	0.20	33.6	31.2	0.58
Food insecurity / Brak bezpieczeństwa żywności	15.7	15.6	13.3	0.80	17.4	13.4	0.27	15.0	15.4	0.98
Pandemics / Pandemie	19.2	7.3	10.2	19.19	16.0	8.2	<0.01	12.7	9.7	0.24
Wars / Wojny	33.8	24.2	32.0	33.8	31.64	26.6	0.24	30.8	25.5	0.15

*Chi²

As for the questions, the respondents were also asked to answer about the meaning of the terms "food security" and "food safety" (Table 4). The vast majority of respondents, regardless of their level of education and place of residence, indicated that they knew the differences in the beforementioned terms and the differences were statistically significant ($p < 0.05$). The results of surveys conveyed among American teenagers indicate that young people are increasingly seeking for information on aspects of food safety on the Internet. This trend will be observed and the study participants themselves declared a greater attachment to an interest in this form of information provision [4].

Table 4. Knowledge of the terms of food safety, food security, food loss and food waste, and the relationship between food waste and food security distributions of answers by education, age and place of residence of respondents (single choice question).

Tabela 4. Znajomość określeń bezpieczeństwo żywności, bezpieczeństwo żywnościowe, straty i marnowanie żywności oraz związek pomiędzy marnowaniem żywności a bezpieczeństwem żywnościowym – rozkład odpowiedzi według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania ankietowanych

	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	p^*	15÷19	20÷29	p	Countryside /Wieś	City / Miasto	p
In your opinion, do food safety and food security mean the same thing? / Czy Twoim zdaniem bezpieczeństwo żywności i bezpieczeństwo żywnościowe znaczą to samo?										
Yes / Tak	44.4	18.1	15.6	<0.01	40.7	14.5	<0.01	31.3	17.0	<0.01
No / Nie	55.6	81.9	84.4		59.3	85.5		68.7	83.0	
Are you familiar with the concept of food loss and waste? / Czy znasz pojęcie strat i marnotrawstwa żywności?										
Yes/ Tak	85.3	88.5	83.6	0.32	85.8	87.1	0.59	84.7	89.5	0.11
No/ Nie	14.7	11.5	16.4		14.2	12.9		15.3	10.5	
In your opinion, do food loss and waste have an impact on food security? / Czy straty i marnotrawstwo żywności mają Twoim zdaniem wpływ na bezpieczeństwo żywnościowe?										
Yes/ Tak	80.8	91.7	90.6	<0.01	82.5	92.9	<0.01	87.5	89.1	0.65
No/ Nie	19.2	8.3	9.4		17.5	7.1		12.5	10.9	

* χ^2

One third of food produced worldwide is lost (post-harvest and pre-consumption) or wasted (post-consumption) throughout the food supply chain from production to consumption [7]. The respondents were also asked about the aspect related to food waste. When asked "Are you familiar with the concept of food loss and waste" and "Do you think food loss and waste have an impact on food security", the vast majority of respondents indicated that they were familiar with the concept and were of the opinion that this factor has an impact on food security. Research among Turkish consumers shows that moral attitudes are an important factor for food wastage behavior. Moral attitudes have a strong influence not only on food wasting behavior, but also on eating and shopping behavior [1]. Comparative studies conducted in the United Kingdom,

Spain and Italy among the population aged between 18 and 35 indicate that home food management and grocery shopping behavior have an impact on reducing the frequency of food waste in all three countries studied [5]. Studies among young consumers indicate that they are keen to source food from supermarkets and yet the main reason for generating food waste is the expiry date [11]. The analysis of our own research on the impact of food losses and waste on selected aspects related to food security (Table 5) shows that young consumers do not see a link between food security and shortage of available food and loss of income for farmers, producers and processors (the response to the research does not combine these functions with baseline, age and place of residence ($p > 0.05$) despite previously declared knowledge and understanding of food losses and waste. Moreover, they do not perceive security as an aspect of economic losses incurred by consumers, but notice its consequences in the form of higher food prices on shop shelves. The majority of respondents with secondary education observe a link between food security and the waste of scarce natural resources - soil, water, energy used in the process of food production. The problem is more often perceived by urban (63.6 %) than rural (53.6 %) residents and the results are significantly statistically significant ($p < 0.05$). Undoubtedly, meeting the food needs of a growing population sustainably on the basis of limited resources, while protecting the environment, is one of humanity's greatest challenges in the coming decades. Current trends in populations and consumption preferences will continue to increase the demand for food [2]. Projected global population growth will significantly increase pressure on natural resources to meet food needs. In order to achieve food security for all, in the context of finite resources and a changing climate, without further compromising the quality of ecosystems and biodiversity, a multidimensional and integrated global strategy is required, which is reflected in the Agenda 2030 goals [2, 6, 19].

The subject of this study was also to indicate the characteristics of food products or packaging that build trust in terms of safety. The most frequently indicated answers among the respondents with primary and secondary education were quality, nutritional value and contents, as well as price and the external appearance of the packaging. The respondents characterized by higher education paid more attention to contents as for the other two groups of respondents (Table 6). Interestingly, given the place of residence, urban residents were more interested in the contents of the product (68.4 %) and less interested in the nutritional value of the product (55.8 %) than rural residents (68.4 and 55.8 %). The self-reported results may confirm an increased awareness among young consumers of the importance of the composition of food products on health and well-being. On the other hand, research conducted by Kowalska [14] on the population of Wrocław indicates that the most important factors highlighted by the survey respondents ($n=147$) were the lack of preservatives, implementation of HACCP or ISO

Table 5. The impact of food losses and waste on selected food-related aspects in the opinions of young adults (single choice question).

Tabela 5. Wpływ strat i marnowania żywności na wybrane aspekty związane z żywnościowym w opiniach młodych dorosłych (pytanie jednokrotnego wyboru).

	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wysze	p^*	15÷19	20÷29	p	Countryside / Wieś	City / Miasto	p
Shortage of available food / Brak dostępnej żywności										
Yes / Tak	32.8	23.2	21.9	0.03	31.6	21.6	<0.01	26.5	25.1	0.77
No / Nie	67.2	76.7	78.1		68.4	78.4		73.5	74.9	
Loss of income for farmers, producers, processors / Utrata dochodu przez rolników, producentów, przetwórców										
Yes / Tak	33.8	26.7	32.0	0.20	32.4	28.2	0.41	31.3	27.9	0.42
No / Nie	66.2	73.2	68.0		67.6	71.8		68.7	72.1	
Economic losses incurred by consumers / Straty ekonomiczne poniesione przez konsumentów										
Yes / Tak	39.4	36.3	29.7	0.20	38.2	34.2	0.31	36.9	34.4	0.58
No / Nie	60.6	63.7	70.3		61.8	65.8		63.1	65.56	
Higher food prices / Wyższe ceny żywności										
Yes / Tak	35.4	35.4	29.7	0.48	37.4	31.8	0.17	36.1	31.2	0.23
No / Nie	64.6	64.6	70.3		62.6	68.2		63.9	68.8	
Difficulties with access to food / Trudności z dostępem do żywności										
Yes / Tak	32.3	29.6	22.6	0.16	33.1	26.0	0.07	28.5	30.0	0.76
No / Nie	67.7	70.4	77.4		66.9	74.0		71.5	70.0	
Population living in poverty / Liczba ludności żyjącej w ubóstwie										
Yes / Tak	25.8	26.1	18.0	0.16	26.2	23.0	0.36	26.0	21.9	0.28
No / Nie	74.2	73.9	82.0		73.8	77.0		74.0	78.1	
Waste of scarce natural resources - soil, water, energy used for food production / Marnowanie ograniczonych zasobów naturalnych – gleby, wody, energii wykorzystywanych do produkcji żywności										
Yes / Tak	43.4	58.6		<0.01	43.3	64.9	0.00	50.6	63.6	0.00
No / Nie	56.6	41.4	32.8		56.7	35.01		49.4	36.4	

*Chi²

principles and a well-known brand. The results obtained are worrying for the author of the publication, especially because of the low awareness of valuable information provided through food labels.

Table 6. Product or packaging features that build trust in terms of health safety by education level, age and place of residence.

Tabela 6. Cechy produktu lub opakowania powodujące zaufanie pod względem bezpieczeństwa zdrowotnego według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania.

	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i> *	15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
Brand / Marka	34.3	29.3	26.6	0.28	34.6	27.1	0.03	28.0	34.0	0.12
Country of production / Kraj produkcji	35.9	35.4	35.2	0.98	35.6	35.3	0.98	34.8	36.4	0.75
Country of origin / Kraj pochodzenia	41.4	38.9	31.3	0.16	39.6	37.0	0.47	39.2	36.4	0.54
Price / Cena	33.8	18.8	19.5	<0.01	32.0	17.3	0.00	24.9	21.5	0.36
Contents / Skład surowcowy	48.5	71.3	75.8	<0.01	51.6	75.3	0.00	63.1	68.4	0.19
Nutritional value / Wartość odżywcza	48.5	60.8	55.5	0.02	51.3	59.5	0.06	56.0	55.8	0.95
Packaging / Opakowanie	28.3	20.4	14.8	0.01	27.3	17.5	0.00	20.9	23.1	0.57
Appearance / Wygląd	32.3	24.8	25.8	0.17	30.9	24.6	0.10	27.7	26.7	0.85
Quality / Jakość	53.5	60.5	56.3	0.3	55.6	58.9	0.53	57.0	58.3	0.81
Organoleptic qualities / Walory organoleptyczne	32.3	40.1	40.6	0.15	34.20	40.6	0.11	38.2	37.30	0.88

*Chi²

It was also of interest to the research team to determine the way in which young consumers reduce the risk of purchasing and consuming unsafe food when making their choices on shop shelves. The most frequently indicated predictor by the respondents in all education groups was checking the expiry date (32.8 % of rural residents and 66.0 % of urban residents). It was statistically significant ($p < 0.05$) that the respondents indicated reading food labels especially among urban residents (73.3 %). The results obtained correlate with the above-discussed characteristics of the food product

Table 7. How to reduce the risk of buying and consuming unsafe food -distribution of answers by education, age and place of residence of respondents

Tabela 7. Sposób ograniczenia ryzyka zakupu i spożycia niebezpiecznej żywności -rozkład odpowiedzi według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania ankietowanych

	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i> *	15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
Reading labels / Czytanie etykiet	53.5	73.9	75.8	<0.01	56.7	76.4	<0.01	64.6	73.3	0.03
Checking the expiry date / Sprawdzanie przydatności terminu do spożycia	61.6	66.9	60.9	0.34	61.8	65.7	0.38	62.8	66.0	0.47
Following information and warnings published by the Chief Sanitary Inspector/ Śledzenie informacji i ostrzeżeń publikowanych przez GIS	42.4	52.5	55.5	0.03	42.2	55.9	<0.01	46.1	56.3	0.01
Following information and warnings published in the media / Śledzenie informacji i ostrzeżeń publikowanych w mediach	28.3	26.4	24.2	0.7	28.00	25.5	0.49	26.7	26.3	0.98
Buying food from specific stores/places / Kupowanie żywności w określonych sklepach/miejscach	29.3	27.1	28.1	0.86	29.5	26.9	0.70	27.0	29.6	0.54
Planning purchases / Planowanie zakupów	22.7	33.8	36.7	0.01	24.4	35.9	0.00	27.7	36.0	0.03
Skillful and rational management of food supplies at home / Umiejętne i racjonalne zarządzanie zapasami żywności w domu	31.3	44.0	47.7	<0.01	32.7	46.9	0.00	39.2	43.3	0.34

*Chi²

causing increased confidence in terms of safety and indicate high awareness among the survey participants of the risk reduction associated with the consumption of dangerous food.

Similar observations were made by Kumar and Kapoor [16] when studying Indian young consumers. The results showed that they paid a lot of attention to food labels and read them before making a final purchase decision. Apart from the price, the young consumers considered all the product attributes that affected the health of the consumers to be extremely important. Information on various important product attributes can be broadly divided into two categories, namely 'product specification' and 'product quality'. The final decision to purchase a product on the basis of food labels varied greatly depending on the gender, age, eating habits and location of consumers [16].

Table 8. Type of information checked on packaging while shopping -distribution of answers by education, age and place of residence of respondents (multiple choice question).

Tabela 8. Rodzaj informacji sprawdzanych na opakowaniach podczas zakupów rozkład odpowiedzi według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania ankietowanych (pytanie wielokrotnego wyboru).

	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i> *	15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
I do not check any information / Nie sprawdzam żadnych informacji	15.2	5.1	15.2	<0.01	14.6	3.01	<0.01	9.2	6.1	0.21
Expiry date / Termin ważności	66.7	80.9	66.7	<0.01	68.4	84.7	<0.01	74.3	83.0	0.10
Nutritional value / Wartość odżywcza	35.9	46.5	35.9	0.05	38.9	45.8	0.58	41.7	44.5	0.54
Energy content / Zawartość energii	30.3	26.4	30.3	0.06	29.5	23.6	0.14	28.0	23.1	0.20
Contents / Skład surowcowy	27.3	48.4	27.3	<0.01	31.6	52.6	<0.01	39.2	50.6	0.01
Sugar content / Zawartość cukru	26.7	36.6	26.8	<0.01	29.1	42.5	0.05	33.6	41.7	0.05
Saturated fat content / Zawartość tłuszczów nasyconych	17.2	17.5	17.2	0.93	18.6	17.0	0.6	17.1	18.6	0.69

Content of trans fats / Zawartość tłuszczów trans	11.1	14.3	11.1	0.05	12.7	16.2	0.29	14.5	14.9	0.95
Content of additives (colors, preservatives, flavor enhancers, etc.) / Zawartość substancji dodatkowych (barwniki, konserwanty, wzmacniacze smaku itp.)	21.2	24.8	21.7	0.04	22.9	27.9	0.2	22.4	31.2	0.02
Country of production / Kraj produkcji	13.1	17.2	13.1	0.21	14.5	18.1	0.42	16.0	17.4	0.73
Country of origin of contents/ Kraj pochodzenia surowców	14.1	10.1	14.1	0.26	13.5	11.5	0.50	13.0	11.3	0.62
Net weight / Masę netto	20.2	19.4	20.2	0.96	21.1	18.9	0.69	18.1	22.7	0.19
Method of preparation for consumption / Sposób przygotowania do spożycia	13.6	14.0	13.6	0.97	14.9	12.9	0.41	13.0	15.0	0.55
Certification symbols / Symbole certyfikatów	14.6	10.2	14.6	0.30	14.6	10.4	0.13	10.7	14.6	0.18
Information on special characteristics of the products e.g., health claims / Informacje o specjalnych cechach produktów np., oświadczenia zdrowotne	12.2	6.7	12.1	0.05	11.3	5.8	0.02	7.9	8.5	0.89
Type of sweetener / Rodzaj środka słodzącego	13.6	22.0	13,6	0.00	13.8	27.1	0.00	16.5	29.1	<0.01

*Chi²

This work also presents the aspects of reducing food waste, which is a serious global problem. [3,8]. Checking the expiry date is one of the factors that can reduce the progressive problem in highly developed countries. Studies show that young consumers are more likely to waste food than older people, at the same time as the observed 'zero waste' trend. The most common factor causing food waste is exceeding the expiry date [21]. Our own results show that the type of information most frequently checked by young consumers is precisely the 'best-before' date, both among consumers with primary (66.7 %), secondary (80.9 %) and tertiary education (66.7 %). Another positive result of the research is that consumers check the contents (56.0 % of rural resi-

dents and 39.2 % of urban residents, respectively), as well as additives and the addition of sweeteners.

Conclusions

1. As a result of the research, it can be concluded that young consumers have nutritional knowledge and pay attention to food labels.
2. The study can inspire and contribute to further research in the field of food waste.
3. The study can help develop an educational campaign to reduce food waste and ensure proper food management especially among young consumers.
4. Consideration should be given to educating students about safety, the quality of the food they choose and the reduction of food waste and its consequences.
5. The research could be extended in the future to include other aspects related to food labelling literacy, e.g. related to the ability to correctly read the expiry date.

Limitations

This study also has limitations. The surveyed group of respondents was not representative and took into account the excess number of women, which may result in the inability to draw proper conclusions about the entire population.

References

- [1] Aydin H. Aydin C.: Investigating consumers' food waste behaviors: An extended theory of planned behavior of Turkey sample. *Cleaner Waste Systems*, 2022, 3, #100036.
- [2] Barrera E.L., Hertel T.: Global food waste across the income spectrum: Implications for food prices, production and resource use. *Food Policy*, 2021,(98), #101874.
- [3] Bilska B., Tomaszewska M., Kołożyn-Krajewska D.: Analysis of the Behaviors of Polish Consumers in Relation to Food Waste. *Sustainability* 2020,12, #304.
- [4] Bramlett Mayer A., Harrison J.A.: Safe Eats: an evaluation of the use of social media for food safety education. *J. Food Prot.*, 2012, 5(8), 1453-1463.
- [5] Bravi L., Francioni B., Murmura F., Savelli E.: Factors affecting household food waste among young consumers and actions to prevent it. A comparison among UK, Spain and Italy. *Resour. Conserv. Recyc.*, 2020, 153, #104586.
- [6] Caldeira C., De Laurentiis V., Corrado S., van Holsteijn F., Sala S.: Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2019, (149) 479-488.
- [7] Chen C., Abhishek Ch., Mathys A.: Nutritional and environmental losses embedded in global food waste. *Resour. Conserv. Recyc.*, 2020, 160, #104912
- [8] Deliberador L.R., Batalha M.O., César A., Azeem M.M., Lane J.L., Rodrigues Carrijo P.: Why do we waste so much food? Understanding household food waste through a theoretical framework. *J. Clean. Prod.*, 2023, 15 (13), #10597.
- [9] Eley C., Lundgren P., Kasza G., Truninger M., Brown C, Hugues V.L., Izso T., Teixeira P., Syeda R., Ferré N., Kunszabo A., Nunes C., Hayes C., Merakou K., McNulty C.: Teaching young con-

- sumers in Europe: a multicentre qualitative needs assessment with educators on food hygiene and food safety. *Perspect. Pub. Health*, 2022, 142(3), 175-183.
- [10] FAO The State of Food Insecurity in the World. Rome: FAO. 2002. Available online: <https://www.fao.org/3/Y2650e/Y2650e00.htm> (accessed 15.09.2023).
- [11] Ghinea C., Ghiuta O.A.: Household food waste generation: young consumers behaviour, habits and attitudes. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 2019, 11(14), #2048.
- [12] Hendriks S.L., Montgomery H., Benton T., Badiane O., Castro de la Mata G., Fanzo J., Guinto R.R., Soussana J.F.: Global environmental climate change, covid-19, and conflict threaten food security and nutrition. *BMJ*. 2022, #378.
- [13] Kavanaugh M., Quinlan J.: Consumer knowledge and behaviors regarding food date labels and food waste. *Food Control*, 2020, 115, #107285.
- [14] Kowalska A.: Consumers' knowledge about food safety and the methods they use to reduce the risk of hazard. *Internal Trade*, 2018,2 (373), 246-260.
- [15] Kowalski S., Gumul D., Oracz J., Rosicka-Kaczmarek J., Mikulec A., Mickowska B., Skotnicka M., Zborowski M.: Chemical Composition, Antioxidant Properties and Sensory Aspects of Sponge Cakes Supplemented with Edible Insect Flours. *Antioxidants* 2023, **12**, #1912.
- [16] Kumar N., Kapoor. Do labels influence purchase decisions of food products? Study of young consumers of an emerging market. *Brit. Food J.*, 2017, 218-229.
- [17] Michalczyk J., Michalczyk W.: The problem of waste and losses in relation to maintaining food security in an international context. *Scientific works of the Wrocław University of Economics* 2019, 63(3), 50-69.
- [18] Mikulec A., Zborowski M.: The problem of hunger in the world in the context of the COVID-19 pandemic (in polish). *Art of Healing* 2022, 37(2), 65-70.
- [19] Mikulec A., Zborowski M., Cisoń- Apanasewicz U., Stawiarska A., Rudzka A., Kowalski S.: The state of knowledge on food safety and food waste among young consumers. *Food. Science. Technology. Quality.*, 2023, 30, 2(135), 57-81.
- [20] Mikulec A., Zborowski M., Kowalski S.: Rapid Alert System for Food and Feed Reports As a Source of Information on Food Hazards. *J. Educ. Health Sport*, 2023, 13, 22-31.
- [21] Nicewicz R., Bilska B.: The Impact of the Nutritional Knowledge of Polish Students Living Outside the Family Home on Consumer Behavior and Food Waste. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19, #13058.
- [22] Obiedzińska A., Kwasek M., Obiedziński M.: Food safety is one of the pillars of food security. *Sci. Method. Rev. Education for Safety*, 2016, 423-439.
- [23] Radzyńska M., Jakubowska D., Staniewska K.: Consumer Attitude and Behaviour Towards Food Waste. *Journal of Agribusiness and Rural Development* 2016, 39(1), 175-181.
- [24] Radzyńska M., Platta A.: Food Waste from the Perspective of Assessment of Attitudes and Behaviours of Young Consumers. *Scientific Journal of Gdynia Maritime University*, 2022, 122, 68-81.
- [25] Rossi C., Rivetti F.: Assessing Young Consumers' Responses to Sustainable Labels: Insights from a Factorial Experiment in Italy. *Sustainability* 2020; 12(23), #10115.
- [26] Stawiarska A., Mikulec A., Zboowski M., Banach M.: Fluids in the diet of people practicing mountain tourism - consumption assessment. *J. Educ. Health Sport*, 2023, 13, 2, 72-93.
- [27] Tomaszewska M., Bilska B., Kołożyn-Krajewska D.: The Influence of Selected Food Safety Practices of Consumers on Food Waste Due to Its Spoilage. *Int. J. Environ. Res. Pub. Health*, 2022, 19, #8144.
- [28] United Nations Department of Economic and Social Affairs 2017. Available online: <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100> (accessed 11.09.2023).


- [29] USDA Food waste FAQs (no date) Usda.gov. Available at: <https://www.usda.gov/foodwaste/faqs> (accessed: February 19, 2024).
- [30] World Health Organization (WHO) Healthy diet 2020. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (accessed 10.09.2023).
- [31] World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. JAMA. 2013, 310(20), 2191-2194.
- [32] Zborowski M., Mikulec A.: Dietary Catering: The Perfect Solution for Rational Food Management in Households. Sustainability 2022, 14, #9174.

STAN WIEDZY NA TEMAT BEZPIECZEŃSTWA I MARNOWANIA ŻYWNOŚCI WŚRÓD MŁODYCH KONSUMENTÓW- CZĘŚĆ 2

Streszczenie

Wprowadzenie. Żywnienie należy do jednego z ważniejszych czynników stylu życia mogących mieć wpływ na stan zdrowia i rozwój chorób. Zachowania żywieniowe uwzględniające prawidłowe nawyki higieniczne mogą stanowić skuteczną metodę zapobiegania większości chorób przenoszonych przez żywność. Wraz z dynamicznym rozwojem światowych rynków żywności oraz zwiększoną dostępnością do żywności szczególnie w krajach wysokorozwiniętych obserwuje się postępujące zjawisko związane z nieracjonalnym gospodarowaniem żywnością na wszystkich etapach łańcucha żywnościowego. Mają one swoje konsekwencje zarówno środowiskowe, ekonomiczne, etyczne i społeczne. Celem pracy było określenie poziomu wiedzy na temat bezpieczeństwa żywności oraz strat i marnowania żywności wśród młodych dorosłych

Wyniki i wnioski. Wśród ankietowanych, dominowali młodzi konsumenci w wieku 15 ÷ 26 lat zamieszkujący tereny głównie tereny wiejskie. Przedmiotem zainteresowania zespołu badawczego było określenie stanu wiedzy na temat bezpieczeństwa żywnościowego i żywności, wpływ strat i marnowania żywności na bezpieczeństwo żywnościowe oraz sposób ograniczenia ryzyka zakupu i spożycia niebezpiecznej żywności. Ponadto określono jaki rodzaj informacji sprawdzany jest na opakowaniach podczas zakupów. Wykazano, że młodzi konsumenci posiadają wiedzę żywieniową i zwracają uwagę na etykiety produktów spożywczych. Należy rozważyć edukację uczniów na temat bezpieczeństwa, jakości wybieranej żywności oraz ograniczenia marnowania żywności i jego konsekwencji.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo żywności, edukacja, młodzi konsumenci, marnowanie żywności, etykiety produktów spożywczych 

AGNIESZKA JANKOWSKA, KATARZYNA KIEŁCZEWSKA,
MARIA WACHOWSKA, DAMIAN MARCINIAK

WPLYW WYSOKIEGO CIŚNIENIA NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI MLEKA KOZIEGO

Streszczenie

Wprowadzenie. Celem badań było określenie wpływu ciśnienia 200 ÷ 500 MPa/20 °C/15 min. na wybrane cechy mleka koziego. Oznaczono ogólną liczbę bakterii (OLD), liczbę bakterii psychrotrofowych, kwasowość, zawartość białka, kazeiny i wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) oraz przeprowadzono analizę obrazów mikroskopowych mleka. Analizy wykonano bezpośrednio po zastosowaniu ciśnienia i w trakcie 14 dni przechowywania w temperaturze 4 °C.

Wyniki i wnioski. Działanie ciśnień 200 ÷ 400 MPa spowodowało istotną ($p \leq 0,05$) redukcję OLD zależną od wysokości ciśnienia. Stosując ciśnienie 500 MPa uzyskano całkowitą redukcję OLD. Nie stwierdzono obecności bakterii psychrotrofowych bezpośrednio po działaniu ciśnień 300 ÷ 500 MPa, jednak zaobserwowano wzrost tych bakterii w czasie przechowywania. Zastosowanie ciśnień 200 ÷ 500 MPa nie miało wpływu na kwasowość bezpośrednio po presuryzacji oraz istotnie ($p \leq 0,05$) ograniczyło wzrost kwasowości mleka podczas przechowywania. Presuryzacja spowodowała wzrost zawartości kazeiny, jednocześnie nie stwierdzono istotnych zmian zawartości białka ($p > 0,05$), co może wynikać z interakcji kazeiny z białkami serwatkowymi. Działanie ciśnień 200 ÷ 500 MPa spowodowało wzrost zawartości WKT. Podczas przechowywania zawartość WKT była niższa w mleku presuryzowanym w porównaniu z mlekiem kontrolnym. Stwierdzono różnice obrazów mikroskopowych mleka kontrolnego i poddanego działaniu ciśnień bezpośrednio po presuryzacji i po przechowywaniu. Zmiany te wynikały z agregacji kuleczek tłuszczu bezpośrednio po presuryzacji oraz powstawania skupisk kuleczek tłuszczowych i skoagulowanego białka w czasie przechowywania.

Słowa kluczowe: mleko kozie, wysokie ciśnienia, kazeina, WKT, bakterie psychrotrofowe

*Dr hab. inż. A. Jankowska, ORCID: 0000-0002-7123-8935, Katedra Inżynierii, Aparatury Procesowej i Biotechnologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Michała Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn; dr hab. inż., prof. UWM K. Kielczewska, ORCID: 0000-0002-5267-925X, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Michała Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn; dr inż. M. Wachowska ORCID: 0000-0001-5223-3701; mgr inż. D. Marciniak, Katedra Inżynierii, Aparatury Procesowej i Biotechnologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Michała Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn;
Kontakt: e-mail: agajan@uwm.edu.pl*

Wprowadzenie

Światowa produkcja mleka koziego wynosi ponad 19 milionów ton rocznie, co stanowi około 2 % produkcji przemysłu mleczarskiego [10]. W ostatnich dziesięcioleciach produkcja mleka koziego wzrosła ponad dwukrotnie, szacuje się, że do 2030 r. wzrośnie ona o kolejne 53 %. Produkty na bazie mleka koziego i jego pochodnych odgrywają istotną rolę w rozwoju społeczno-gospodarczym w wielu krajach, nie tylko słabo rozwiniętych. Hodowla kóz wpisuje się w aktualny trend produkcji żywności ekologicznej, naturalnej i tradycyjnej [21].

Mleko kozie charakteryzuje się wyższą zawartością białka ogólnego, tłuszczu, substancji mineralnych (Ca, P, Mg, Se, K) oraz większym udziałem krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych niż mleko krowie, co decyduje o jego wyższej wartości odżywczej [13]. Różnice składu oraz właściwości tłuszczu i białek powodują, że mleko kozie wykazuje lepszą strawność w porównaniu z mlekiem krowim, m.in. ze względu na większą zawartość kuleczek tłuszczowych o mniejszych rozmiarach. Obniżony poziom α s1-kazeiny wpływa na zmniejszenie alergenicności mleka koziego, jednak należy dodać, że obecność białek serwatkowych w mleku kozim ma również wpływ na tę cechę. Wysoka zawartość składników odżywczych, mineralnych oraz cechy sensoryczne stanowią podstawę do wykorzystania mleka koziego jako cennego surowca w przemyśle mleczarskim. Mleko kozie jest spożywane bezpośrednio, utrwalane termicznie albo wykorzystywane do produkcji sera, twarogu, jogurtów, odżywek dla niemowląt, lodów oraz proszku mlecznego [22].

Odmienność składu mleka krowiego i koziego wpływa na różnice w przebiegu obróbki wstępnej surowca oraz procesu przetwórczego. Mleko kozie charakteryzuje się niższą przydatnością technologiczną ze względu na niską oporność wobec obróbki termicznej, krótki czas krzepnięcia oraz podatność na rozrywanie skrzepu kazeinowego. Do głównych problemów technologicznych zalicza się obniżoną lepkość oraz słabą konsystencję skrzepu wynikające z niższej zawartości kazeiny w mleku kozim. Niższa koncentracja kazeiny oraz mniejszy jej udział w stosunku do azotu całkowitego determinuje niższą wydajność produkcji sera oraz problemy w obróbce skrzepu ze względu na jego podatność na rozpylenie [22]. Tłuszcz mleka koziego ulega szybkim przemianom lipolitycznym zachodzącym pod wpływem lipaz bakteryjnych. Efektem lipolizy jest wzrost zawartości wolnych kwasów tłuszczowych (WKT), które wpływają na właściwości organoleptyczne i technologiczne mleka. Obecność WKT powyżej 5,6 mg/l wpływa hamująco na rozwój kultur starterowych, zaś koncentracja WKT powyżej 9,5 mg/l może stanowić powód zahamowania ich aktywności [6].

Mleko kozie poddawane jest procesom technologicznym w celu zapewnienia jego bezpieczeństwa mikrobiologicznego podczas produkcji [5]. W celu poprawy jakości mleka koziego i serów kozich stosowano m.in. obróbkę wysokociśnieniową. Delgado i wsp. [8] zaobserwowali różnice pomiędzy serem otrzymanym z mleka pasteryzowa-

nego i poddanego działaniu wysokich ciśnień. Zastosowanie mleka koziego poddanego obróbce ciśnieniowej do produkcji serów, poprawiło ich elastyczność, zapewniając bardziej regularną i zamkniętą matrycę białkową. Natomiast poprawę cech sensorycznych jogurtu z mleka koziego uzyskali Ma i wsp. [19], stosując homogenizację wysokociśnieniową 150 MPa wobec mleka przeznaczonego do jego produkcji.

Technika wysokich ciśnień (HPP – high pressure processing) jest metodą utrwalania żywności stosowaną alternatywnie wobec metod termicznych [25]. Z uwagi na niską stabilność cieplną mleka koziego oraz konieczność utrzymania bezpieczeństwa mikrobiologicznego mleka przeznaczonego w dalszym etapie do produkcji lub spożycia zastosowanie wysokiego ciśnienia wydaje się dobrą alternatywą wobec metod termicznych. Dlatego też celem badań było określenie wpływu wysokiego na wybrane cechy mleka koziego.

Materiały i metody

Przygotowanie surowca do badań

Mleko do badań pozyskano od kóz matek rasy polska biała uszlachetniona oraz mieszańców tej rasy pochodzących z gospodarstwa rolnego Dariusza Marciniaka (Rydzewo 18, 06-452 Ościsłowo. woj. Mazowieckie, gm. Ciechanów). Mleko po udoju poddano cedzeniu, a następnie chłodzeniu do temperatury $4 \pm 5^\circ\text{C}$. Pobrano próbkę surowego mleka w celu wykonania oznaczeń, zaś pozostałą część poddano działaniu ciśnień 200, 300, 400 i 500 MPa/20 °C/10 min. w generatorze wysokiego ciśnienia U4040 (Unipress Equipment, Warszawa), każdorazowo stosując objętość 100 cm³ mleka. Oznaczenia wykonano bezpośrednio po zastosowaniu ciśnienia i w trakcie przechowywania w temperaturze chłodniczej (4 °C) w czasie 14 dni.

Oznaczenia mikrobiologiczne. Ogólną liczbę drobnoustrojów oraz psychrotrofów w mleku oznaczono metodą płytkową zgodnie z PN-ISO 8553:2023-06 [23] oraz PN-ISO 6730:2008 [24].

Oznaczanie zawartości kazeiny i białka ogólnego. Oznaczenie wykonano metodą formolową Walkera [20].

Oznaczenie kwasowości mleka. Wykonano oznaczenie kwasowości czynnej oraz miareczkowej [30].

Oznaczenie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych. Oznaczenie wykonano metodą ekstrakcyjno-miareczkową Dole'a [7].

Analiza mikroskopowa mleka

Mleko barwiono 1,0 % (w/v) Nile Blue i 1,0 % (w/v) Fast Green (Sigma Aldrich, Saint Louis, MO, USA). Próbkę mleka analizowano pod mikroskopem konfokalnym Nikon Eclipse Ti-E (Nikon Instruments, Amsterdam, Holandia) przy powiększeniu 60

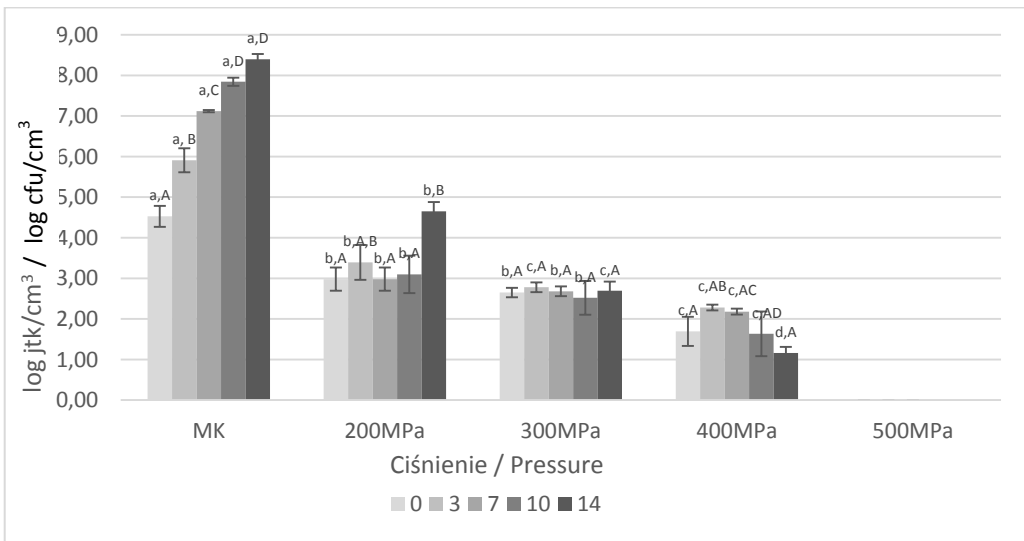
[33]. Obserwacje przeprowadzono bezpośrednio po presuryzacji i po 14 dniach przechowywania mleka w warunkach chłodniczych.

Analiza statystyczna. Wyniki badań przedstawiono jako wartości średnie z odchyleniem standardowym. Istotność różnic określono przy pomocy dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA oraz testu Tukeya przy poziomie istotności 0,05. Wyniki obliczeń nieróżniące się między sobą statystycznie istotnie zostały pogrupowane w jednorodne grupy i oznaczone taką samą literą. Analizę statystyczną wykonano w programie StatSoft Inc. Statistica v. 10,0 (Tulsa, Oklahoma, USA).

Wyniki i dyskusja

Ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) i liczba bakterii psychrotrofowych.

Liczba oraz zróżnicowanie gatunkowe drobnoustrojów w mleku jest składową sposobu żywienia, warunków higienicznych siedziby stada, sposobu udoju oraz stanu zdrowia zwierząt. Zgodnie z wymogami rozporządzenia Komisji (WE) nr 1662/2006 [26] mleko kozie surowe nie powinno zawierać więcej niż $6,18 \log \text{ jtk/cm}^3$. W mleku kontrolnym OLD wynosiła $4,53 \log \text{ jtk/cm}^3$. Po 14 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych ogólna liczba drobnoustrojów wzrosła do $8,40 \log \text{ jtk/cm}^3$. Zastosowanie ciśnień 200, 300 i 400 MPa obniżyło OLD odpowiednio o 1,54; 1,88 i 2,84 cyklu logarytmicznego w odniesieniu do próby kontrolnej (rycina 1).



Rycina 1. Ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) w mleku kozim kontrolnym (MK) i poddanym działaniu ciśnień 200 ÷ 500 MPa, przechowywanym przez 14 dni w temperaturze 4 °C

Figure 1. Total number of microorganisms(OLD)] in control (MK) and pressurized (200 ÷ 500 MPa) goat's milk during 14 days of storage at a temperature of 4 °C

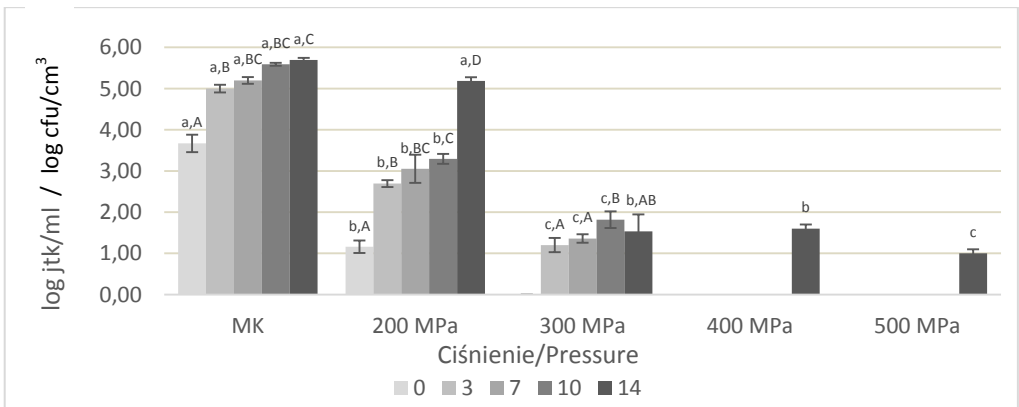
Objaśnienia / Explanatory notes:

$n = 3$; ^{a-d} – wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od zastosowanego ciśnienia, ^{A-D} – wartości średnie oznaczone dużymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od czasu przechowywania/ ^{a-d} – mean values denoted by different superscript lower case letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ depending on pressure value, ^{A-D} – mean values denoted with different upper case letters in superscript indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ depending on storage time.

Nie stwierdzono obecności mikroorganizmów (OLD) w próbach mleka presuryzowanego ciśnieniem 500 MPa bezpośrednio po presuryzacji i w trakcie przechowywania. Zbliżone wyniki uzyskał Razali i wsp. [25], badając wpływ presuryzacji w zakresie 200 ÷ 600 MPa/25 °C/5, 10, 15 min. na mleko kozie. Ciśnienia 400 i 600 MPa spowodowało całkowitą redukcję OLD w badanym mleku. Inaktywacja mikroorganizmów była związana z wysokością zastosowanego ciśnienia. Tan i wsp. [29] stwierdzili, że liczba bakterii w mleku kozim po presuryzacji w 15 °C obniżyła się o 4 rzędy log (450 MPa/7 min) i 5 rzędów log (600 MPa/7 min). Wysokie ciśnienie powoduje krystalizację fosfolipidów błon komórkowych, osłabiając w ten sposób mikroorganizmy i powoduje ich inaktywację. Podatność drobnoustrojów na działanie ciśnienia jest wypadkową zastosowanych parametrów procesu, obecności składników odżywczych oraz stanem fizjologicznym komórek [32]. Działanie ciśnień 300 ÷ 400 MPa spowodowało zahamowanie namnażania drobnoustrojów w mleku podczas przechowywania. Spowolnienie wzrostu mikroorganizmów jest spowodowane uszkodzeniem ściany komórkowej, błony komórkowej i składników cytoplazmatycznych komórki w wyniku presuryzacji. Stosowanie wysokich ciśnień przyczynia się do powstania zmian ilościowych oraz jakościowych w obrębie DNA, co powoduje degradację komórki i niezdolność do namnażania [3].

Bakterie psychrotrofowe powodują stopniowe, niekorzystne i nieodwracalne zmiany składu chemicznego oraz cech sensorycznych, mleka a natężenie tych zmian zależy od początkowej liczby i charakteru drobnoustrojów. Udział bakterii psychrotrofowych w ogólnej liczbie drobnoustrojów w świeżym mleku kształtuje się na poziomie 20 % i ta proporcja może zmieniać się w trakcie chłodniczego przechowywania, kiedy to bakterie psychrotrofowe stanowią 90 % OLD a nawet ją przewyższają [17]. Bakterie psychrotrofowe charakteryzuje zdolność wzrostu w temperaturze poniżej 7 °C i wytwarzania w niskich temperaturach enzymów termoopornych, w tym proteolitycznych i lipolitycznych, które są zdolne do hydrolizy tłuszczu i białka mleka, co znacznie obniża przydatność technologiczną [27]. Liczba bakterii psychrotrofowych w próbce mleka świeżego, wynosiła 3,67 log jtk/cm³, co stanowiło 27,15 % OLD. W czasie przechowywania mleka niepresuryzowanego stwierdzono wzrost liczby bakterii psychrotrofowych, który był najbardziej dynamiczny w pierwszych 3 dniach przechowywania (rycina 2). W kolejnych dniach wzrost liczby bakterii przebiegał wolniej, osiągając

wartość 5,59 log jtk/ cm³ po 14 dniach przechowywania. Ciśnienie 200 MPa obniżyło liczbę bakterii psychrotrofowych o 2,51 cyklu logarytmicznego. Odnotowano wzrost liczby psychrotrofów w 3 ÷ 10 dniu przechowywania w następstwie rozwoju bakterii wykazujących żywotność w temperaturach chłodniczych. Nie stwierdzono obecności bakterii psychrotrofowych po zastosowaniu ciśnień 300 MPa bezpośrednio po presuryzacji oraz po zastosowaniu ciśnień 400 i 500 MPa, jednak po 14 dniach przechowywania oznaczono bakterie w mleku, co można wytłumaczyć obecnością form przetrwalnych, opornych na presuryzację [29]. Bakterie psychrotrofowe wykazują zróżnicowaną oporność wobec wysokich ciśnień. Stosowanie ciśnienia 200 MPa /25 °C/30 min. zredukowało liczbę *Streptococcus aureus* o 75 % i *Salmonella sp.* o 90 %. Ciśnienie powyżej 500 MPa/20 °C/10 min. spowodowało znaczącą redukcję *L. monocytogenes* w surowym mleku [32]. Inaktywacja mikroorganizmów determinowana przez wysokie ciśnienia przebiega zgodnie z kolejnością: *P. fluorescens* > *E. coli* > *L. innocua* > *L. helveticus* > *S. aureus* i jest uzależniona od wysokości stosowanego ciśnienia [9]. Biorąc pod uwagę efekt działania ciśnienia na mikroorganizmy, presuryzację można porównać do pasteryzacji. Stabilność mikrobiologiczna mleka wynosiła do 10 dni



Rycina 2. Liczba bakterii psychrotrofowych w mleku kozim kontrolnym (MK) i poddanym działaniu ciśnień (200 ÷ 500 MPa), przechowywanym przez 14 dni w temperaturze 4 °C

Figure 2. Number of psychrotrophic bacteria in control (MK) and pressurized (200 ÷ 500 MPa) goat's milk during 14 days of storage at a temperature of 4 °C

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 3; ^{a-d} – wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od zastosowanego ciśnienia, ^{A-D} – wartości średnie oznaczone dużymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od czasu przechowywania/ ^{a-d} – mean values denoted by different superscript lower case letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0,05$ depending on pressure value, ^{A-D} – mean values denoted with different upper case letters in superscript indicate statistically significant differences at $p \leq 0,05$ depending on storage time.

przechowywania w temperaturze chłodniczej, co potwierdzają również badania innych autorów [25].

Oznaczanie zawartości białka ogólnego i kazeiny

Zawartość białka w mleku jest wartością zmienną, zależną od czynników genetycznych oraz sposobu żywienia. Udział białka w mleku kóz rasy polska biała uszlachetniona mieści się w zakresie $2,8 \div 3,5$ %. Przechowywanie nieutrwalonego mleka koziego może prowadzić do obniżenia zawartości białka ogólnego (w tym kazeiny) na skutek proteolizy i wykorzystania białka jako źródła aminokwasów determinujących wzrost mikroorganizmów w mleku [2]. Działanie wysokiego ciśnienia powoduje szereg zmian struktury, wzajemnych oddziaływań białek mleka oraz ich interakcji z innymi składnikami. Presuryzacja, w zależności od wysokości stosowanego ciśnienia, może wpływać na zmiany rozmiarów micel kazeinowych, wzrost udziału rozpuszczalnych frakcji kazeiny, denaturację białek serwatkowych, interakcje białek mleka ze składnikami otoczek kuleczek tłuszczowych [4].

Surowiec cechował się wysoką zawartością procentową kazeiny ($2,57 \pm 0,4$ %) oraz białka ogólnego ($3,97 \pm 0,6$ %). W czasie przechowywania mleka nieutrwalonego w warunkach chłodniczych nie stwierdzono istotnych ($p > 0,05$) zmian zawartości kazeiny oraz białka ogólnego (tabela 2). W czternastym dniu przechowywania zawartość kazeiny była niższa o 3,11 % a zawartość białka o 7,15 % w stosunku do zawartości oznaczonej przed przechowywaniem (tabela 1).

Działanie ciśnienia spowodowało istotny statystycznie ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości kazeiny w mleku, jednocześnie nie stwierdzono istotnych statystycznie ($p > 0,05$) zmian zawartości białka. Również Tan i wsp. [29] nie stwierdzili istotnego wpływu ciśnień $450 \div 600$ MPa/ 15 °C/ 7 min. na zawartość białka w mleku. Natomiast większa zawartość kazeiny może wynikać z jej interakcji z białkami serwatkowymi w mleku poddanym presuryzacji, co zostało stwierdzone w badaniach Kielczewskiej i wsp. [15]. Podczas przechowywania nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic zawartości kazeiny w mleku niepresuryzowanym a poddanym działaniu ciśnienia. Reakcja łączenia białek serwatkowych z micelami kazeinowymi mleka ma charakter odwracalny ze względu na brak obecności wolnych grup tiolowych w strukturze β -laktoglobulin i nietrwałość powstających mostków dwusiarczkowych pomiędzy micelami kazeinowymi a β -laktoglobuliną [31]. Nie stwierdzono istotnych statystycznie ($p > 0,05$) różnic zawartości kazeiny podczas przechowywania mleka niepresuryzowanego i presuryzowanego. Zaobserwowano natomiast istotne statystycznie ($p \leq 0,05$) zmniejszenie zawartości białka w mleku poddanym działaniu ciśnienia 400 i 500 MPa od siódmego dnia przechowywania. Po przechowywaniu zawartość białka w mleku poddanym działaniu ciśnień 200 i 300 MPa zmniejszyła się odpowiednio o 3,34 % i 5,91 %, a po zastosowaniu ciśnień 400 MPa i 500 MPa o 8,64 % i 9,61 %. Mniejsza ilość białka może

być spowodowana zmianami denaturacyjnymi białek serwatkowych po zastosowaniu ciśnień powyżej 400 MPa [12].

Tabela 1. Zawartość kazeiny i białka ogólnego w mleku kozim kontrolnym (MK) i poddanym działaniu ciśnien 200 ÷ 500 MPa i przechowywanym przez 14 dni w temperaturze 4 °C

Table 1. Casein content and total protein content in control (MK) and pressured (200 ÷ 500 MPa) goat's milk during 14 days of storage at temperature 4 °C

czas (dni) / time (days)	0	3	7	10	14
ciśnienie / pressure (MPa)	zawartość kazeiny / casein content (%)				
MK	2,57 ^{aA} ±0,04	2,53 ^{aA} ±0,06	2,52 ^{aA} ±0,06	2,52 ^{aA} ±0,06	2,49 ^{aA} ±0,06
200	2,67 ^{bA} ±0,03	2,59 ^{aA} ±0,06	2,54 ^{aA} ±0,01	2,54 ^{aA} ±0,11	2,53 ^{aA} ±0,03
300	2,70 ^{bA} ±0,02	2,59 ^{aA} ±0,12	2,56 ^{aA} ±0,01	2,56 ^{aA} ±0,06	2,54 ^{aA} ±0,03
400	2,72 ^{bA} ±0,01	2,66 ^{aA} ±0,10	2,58 ^{aA} ±0,13	2,56 ^{aA} ±0,01	2,54 ^{aB} ±0,03
500	2,76 ^{bA} ±0,02	2,70 ^{bA} ±0,21	2,62 ^{aA} ±0,14	2,56 ^{aB} ±0,01	2,54 ^{aB} ±0,03
ciśnienie / pressure (MPa)	zawartość białka ogólnego / total protein content (%)				
MK	3,97 ^{aA} ±0,06	3,87 ^{aA} ±0,01	3,80 ^{aA} ±0,09	3,78 ^{aA} ±0,09	3,69 ^{aA} ±0,09
200	3,89 ^{abA} ±0,16	3,89 ^{aA} ±0,09	3,83 ^{aA} ±0,05	3,80 ^{aA} ±0,07	3,76 ^{aA} ±0,13
300	3,89 ^{aA} ±0,22	3,88 ^{aA} ±0,13	3,86 ^{aAB} ±0,01	3,72 ^{aA} ±0,09	3,66 ^{aA} ±0,23
400	4,03 ^{aA} ±0,09	3,90 ^{aA} ±0,05	3,83 ^{aAB} ±0,05	3,82 ^{aAB} ±0,05	3,68 ^{aB} ±0,01
500	4,06 ^{aA} ±0,13	3,98 ^{aA} ±0,32	3,82 ^{aAB} ±0,17	3,79 ^{aAB} ±0,01	3,67 ^{aB} ±0,09 ^b

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 3; ^{a-d} – wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od zastosowanego ciśnienia, ^{A-D} – wartości średnie oznaczone dużymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od czasu przechowywania/ ^{a-d} – mean values denoted by different superscript lower case letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0,05$ depending on pressure value, ^{A-D} – mean values denoted with different upper case letters in superscript indicate statistically significant differences at $p \leq 0,05$ depending on storage time.

Oznaczenie kwasowości czynnej (pH) i potencjalnej mleka

Kwasowość czynna i potencjalna stanowi jeden z najważniejszych czynników determinujących przebieg oraz wydajność procesów technologicznych obróbki mleka. Składnikami odpowiedzialnymi za kwasowość mleka są przede wszystkim: sole kwaśne, kazeina, kwasy nieorganiczne oraz organiczne. Kwasowość czynna określana jest za pomocą stężenia jonów wodorowych w roztworze i wyrażana w postaci wykładnika wodorowego pH. Głównymi czynnikami determinującymi wartość kwasowości potencjalnej mleka jest ilość kazeiny oraz kwasów organicznych. Mleko o kwasowości mia-

reczkowej w zakresie $8,0 \div 9,0$ °SH uznaje się za surowiec lekko nadkwaszony, cechujący się niską stabilnością termiczną białka; zaś powyżej 9° SH jako nadkwaszone silnie nieposiadające przydatności technologicznej w mleczarstwie [5]. W tabeli 2 przedstawiono wyniki analiz kwasowości mleka koziego bezpośrednio po presuryzacji i podczas przechowywania.

Tabela 2. Kwasowość w mleku kozim kontrolnym (MK) i poddanym działaniu ciśnien 200 ÷ 500 MPa i przechowywanym przez 14 dni w temperaturze 4°C

Table 2. Acidity of control (MK) and pressured (200 ÷ 500 MPa) goat's milk during 14 days of storage at a temperature of 4°C

czas (dni) time (days)	0	3	7	10	14
ciśnienie/pressure (MPa)	°SH				
MK	$4,80^{aA} \pm 0,05$	$5,25^{aA} \pm 0,31$	$5,53^{aB} \pm 0,20$	$7,90^{aB} \pm 0,48$	$13,97^{aB} \pm 0,25$
200	$4,55^{aA} \pm 0,00$	$4,30^{bA} \pm 0,35$	$4,60^{bA} \pm 0,18$	$5,05^{bB} \pm 0,05$	$5,45^{bB} \pm 0,14$
300	$4,50^{aA} \pm 0,10$	$4,20^{bA} \pm 0,09$	$4,45^{bA} \pm 0,08$	$4,95^{bAB} \pm 0,09$	$5,30^{bcB} \pm 0,14$
400	$4,50^{aA} \pm 0,15$	$4,25^{bA} \pm 0,20$	$4,39^{bA} \pm 0,14$	$4,90^{bAB} \pm 0,18$	$5,21^{bcB} \pm 0,14$
500	$4,63^{aA} \pm 0,15$	$4,21^{bA} \pm 0,36$	$4,35^{bA} \pm 0,10$	$4,50^{bA} \pm 0,13$	$4,95^{cA} \pm 0,09$
ciśnienie/pressure (MPa)	pH				
MK	$6,63^{aA} \pm 0,02$	$6,60^{aA} \pm 0,02$	$6,61^{aA} \pm 0,02$	$6,44^{aA} \pm 0,05$	$6,07^{aB} \pm 0,08$
200	$6,67^{abA} \pm 0,05$	$6,74^{aA} \pm 0,04$	$6,65^{aA} \pm 0,01$	$6,61^{aA} \pm 0,01$	$6,55^{aA} \pm 0,04$
300	$6,70^{aA} \pm 0,05$	$6,79^{aA} \pm 0,05$	$6,67^{aAB} \pm 0,07$	$6,63^{aA} \pm 0,03$	$6,62^{bA} \pm 0,04$
400	$6,65^{aA} \pm 0,09$	$6,71^{aA} \pm 0,05$	$6,66^{aAB} \pm 0,02$	$6,66^{aAB} \pm 0,02$	$6,63^{bA} \pm 0,01$
500	$6,64^{aA} \pm 0,02$	$6,70^{aA} \pm 0,04$	$6,66^{aAB} \pm 0,05$	$6,67^{aAB} \pm 0,07$	$6,64^{bA} \pm 0,04^b$

Objaśnienia / Explanatory notes:

$n = 3$; ^{a-d} – wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od zastosowanego ciśnienia, ^{A-D} – wartości średnie oznaczone dużymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od czasu przechowywania/ ^{a-d} – mean values denoted by different superscript lower case letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ depending on pressure value, ^{A-D} – mean values denoted with different upper case letters in superscript indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ depending on storage time.

Świeże mleko kozie cechowało się kwasowością potencjalną $4,8 \pm 0,05$ °SH i czynną pH $6,63 \pm 0,02$. Stwierdzono nieznaczne ($p > 0,05$) zmniejszenie kwasowości czynnej i potencjalnej mleka bezpośrednio po presuryzacji i do trzeciego dnia przechowywania we wszystkich analizowanych próbach presuryzowanych. Podobne wyniki uzyskali Tan i wsp. [29] po zastosowaniu ciśnien 200 ÷ 600 MPa. Zmniejszenie kwasowości może stanowić następstwo wzrostu rozpuszczalności kazeiny oraz fosfo-

ranu wapnia w mleku prowadząc do śladowej alkalizacji surowca. Law i wsp. [18] zaobserwowali wzrost rozpuszczalności kazeiny oraz związków mineralnych (wapń, fosfor) w mleku kozim poddanym presuryzacji w zakresie 100 ÷ 500 MPa (10 min, 20°C).

W czasie przechowywania mleka niepoddanego działaniu ciśnienia stwierdzono wzrost kwasowości. Po tygodniu przechowywania kwasowość miareczkowa wynosiła $5,25 \pm 0,31$ °SH, co świadczy o postępujących przemianach metabolicznych i enzymatycznych zachodzących w surowcu. Zwiększenie kwasowości miareczkowej odnotowano w 10. dniu oraz 14. dniu przechowywania mleka (tabela 2). Wzrost kwasowości potencjalnej był następstwem przemian enzymatycznych i rozwoju drobnoustrojów. Działanie ciśnienia 200 ÷ 500 MPa spowodowało zahamowanie wzrost kwasowości miareczkowej mleka koziego podczas przechowywania. Kwasowość czynna mleka niepresuryzowanego uległa stopniowemu wzrostowi od pH $6,63 \pm 0,02$ do pH $6,07 \pm 0,08$ po 14 dniach przechowywania. Natomiast nie stwierdzono istotnych statystycznie ($p > 0,05$) zmian kwasowości czynnej mleka presuryzowanego 200 ÷ 500 MPa podczas przechowywania w warunkach chłodniczych. Działanie wysokiego ciśnienia ograniczyło przemiany enzymatyczne i działanie drobnoustrojów w mleku, co wpłynęło na zahamowanie przemian prowadzących do wzrostu kwasowości.

Oznaczenie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych

Lipoliza prowadzi do uwalniania wolnych kwasów tłuszczowych (WKT), mono- i diglicerydów z triglicerydów. Rozmiar lipolizy mierzony ilością powstających WKT ma decydujący wpływ na parametry organoleptyczne (smak, zapach) mleka świeżego, pogarsza przydatność technologiczną mleka jako surowca dla przemysłu mleczarskiego, a w konsekwencji obniża jakość uzyskanych produktów [28].

Zmiany stężenia wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) w próbach świeżego mleka koziego oraz mleka poddanego presuryzacji przedstawiono w tabeli 3.

Początkowa niska zawartość wolnych kwasów tłuszczowych ($3,73 \pm 0,41$ $\mu\text{Eq}/\text{cm}^3$) w próbce świeżego mleka koziego świadczy o dobrej jakości surowca. Istotny wzrost ($p \leq 0,05$) zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w próbce mleka nieutrwalanego oznaczono po 7 dniach przechowywania. W czasie 10–dniowego okresu przechowywania zaobserwowano dalsze zwiększenie liczby wolnych kwasów tłuszczowych. Po 14 dniach przechowywania nie stwierdzono istotnego statystycznie ($p > 0,05$) wzrostu zawartości WKT w mleku, co może świadczyć o wyczerpaniu dostępnych lipidów bądź inhibicji enzymatycznej w wyniku obniżenia pH lub wysokiej koncentracji WKT w mleku. Działanie ciśnień 200 ÷ 500 MPa spowodowało początkowy wzrost zawartości WKT w odniesieniu do mleka świeżego. Gervilla i wsp. [11] stwierdzili, że ciśnienia w zakresie 100 ÷ 500 MPa stosowane w temp. 4, 25 i 50 °C nie wywołują wzrostu ilości WKT w mleku krów. Natomiast w badaniach Kim i wsp. [16]

stwierdzono znaczący ($p \leq 0,05$) wpływ ciśnienia 200 MPa/20 i 30 min./ -4°C na wzrost zawartości WKT. Działanie ciśnień od 100 do 500 MPa wywołuje zmiany średnicy kuleczek tłuszczowych. Zmiany średnicy kuleczek mogą być spowodowane ich dezintegracją lub agregacją [14]. Ciśnienia działające w temperaturze 25 i 50°C prowadzą do zwiększenia udziału małych kuleczek o średnicy w zakresie $1 \div 2 \mu\text{m}$, a ich mechaniczne uszkodzenie na skutek działania ciśnienia może być przyczyną zmian lipolitycznych i wzrostu zawartości WKT. Wyższa zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w próbach mleka presuryzowanego utrzymywała się do 3 dnia przechowywania. Najniższą zawartość wolnych kwasów tłuszczowych po 14 dniach przechowywania oznaczono w próbce mleka presuryzowanego 500 MPa ($8,61 \pm 0,79 \mu\text{Eq}/\text{cm}^3$), co wskazuje na zahamowanie zmian lipolitycznych w mleku wraz ze wzrostem ciśnienia.

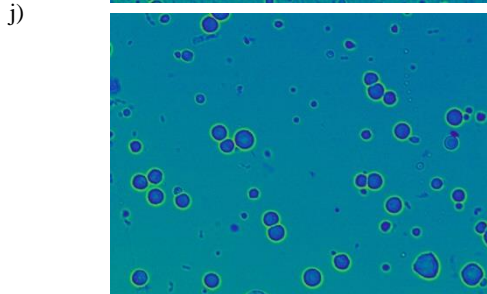
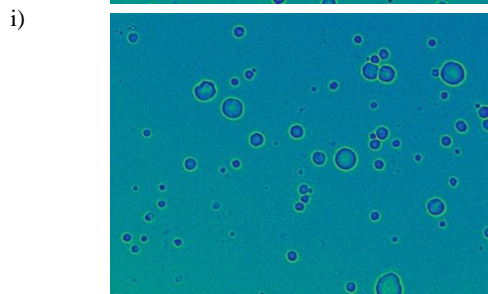
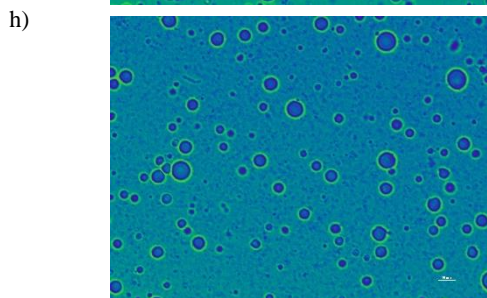
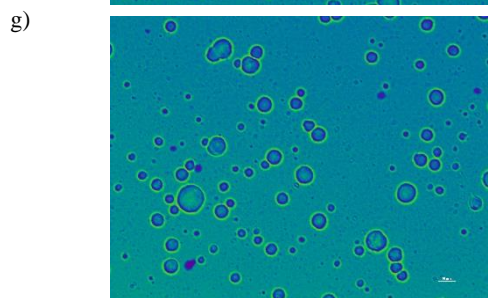
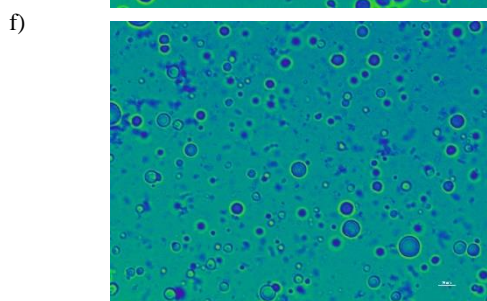
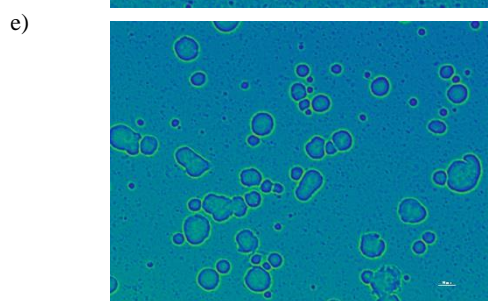
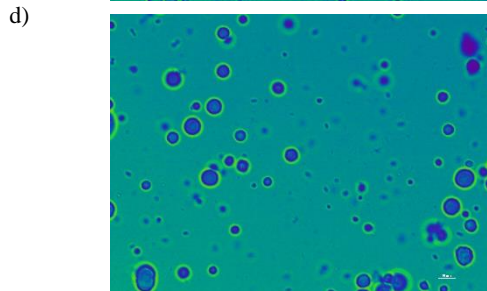
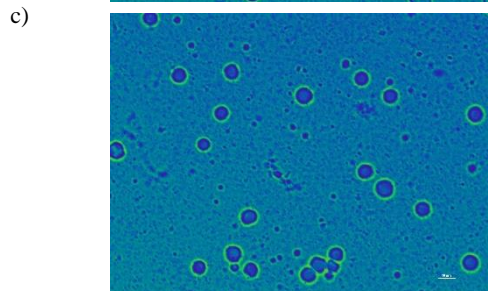
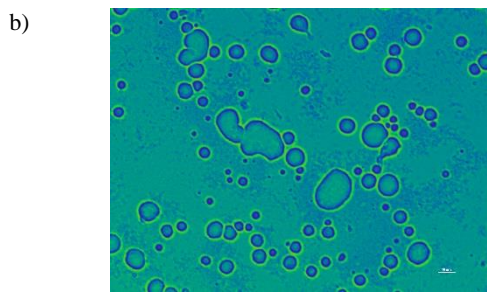
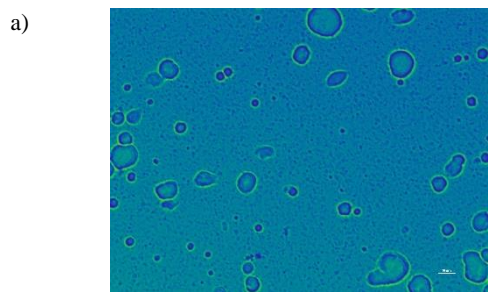
Tabela 3. Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) w mleku kozim kontrolnym (MK) i poddanym działaniu ciśnień (200 ÷ 500 MPa) podczas przechowywania przez 14 dni w temperaturze 4°C

Table 3. Free fatty acid content (FFA) in control (MK) and pressured (200 ÷ 500 MPa) goat's milk during 14 days of storage at a temperature of 4°C

czas (dni) time (days)	0	3	7	10	14
ciśnienie/ pressure (MPa)	WKT / FFA [$\mu\text{Eq}/\text{cm}^3$]				
MK	3,73 ^{aA} ±0,41	5,43 ^{aA} ±0,15	8,76 ^{aB} ±0,50	20,45 ^{aC} ±0,31	20,48 ^{aC} ±2,20
200	6,01 ^{bA} ±0,37	6,32 ^{bAC} ±0,71	7,56 ^{aAC} ±0,86	8,98 ^{bBC} ±0,19	9,71 ^{bB} ±0,62
300	6,18 ^{bA} ±0,80	6,99 ^{bA} ±0,54	7,86 ^{aAC} ±0,48	8,99 ^{bBC} ±0,28	9,43 ^{bBC} ±0,44
400	5,53 ^{bA} ±0,18	7,38 ^{bAC} ±1,16	8,26 ^{abB} ±0,58	9,09 ^{bBC} ±0,27	9,56 ^{bB} ±0,59
500	5,63 ^{bA} ±0,53	5,98 ^{bA} ±0,30	6,40 ^{bA} ±0,73	8,52 ^{bB} ±0,54	8,61 ^{bB} ±0,79

Objaśnienia / Explanatory notes:

$n = 5$; ^{a-b} – wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od zastosowanego ciśnienia, ^{A-C} – wartości średnie oznaczone dużymi literami w indeksie górnym wskazują istotnie statystycznie różnice przy $p \leq 0,05$ w zależności od czasu przechowywania/ ^{a-b} – mean values denoted by different superscript lower case letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0,05$ depending on pressure value, ^{A-C} mean values denoted with different upper case letters in superscript indicate statistically significant differences at $p \leq 0,05$ depending on storage time.



Rycina 3. Wpływ ciśnień (200-500 MPa) na mikrostrukturę mleka koziego bezpośrednio po presuryzacji (lewa kolumna; a,c,e,g,i) i po przechowywaniu (prawa kolumna; b, d, f, h, j), powiększenie 60 x, skala 10 mm: a i b, mleko kontrolne (MK); c i d, 200 MPa; e i f, 300 MPa; g i h, 400 MPa; i i j, 500 MPa

Figure 3. The effect of pressure treatment (200-500 MPa) on the microstructure of goat's milk directly after processing (left column; a,c,e,g,i) and after storage (right column; b, d, f, h, j), 60 x magnification, scale 10 mm: a and b, control milk (MK); c and d, 200 MPa; e and f, 300 MPa; g and h, 400 MPa; i and j, 500 MPa

Analiza mikroskopowa mleka

Zmiany wywołane działaniem wysokiego ciśnienia oraz zachodzące podczas chłodniczego przechowywania mleka zostały zaobserwowane w obrazach mikroskopowych. Brak aglutyniny w mleku kozim powoduje, że kuleczki tłuszczu nie tworzą skupisk podczas jego przechowywania [1]. Jednakże w próbkach mleka poddanych działaniu ciśnienia 300 MPa i wyższemu zaobserwowano skupienie się kuleczek tłuszczu (ryc. 1 e, g, i). Tworzenie się aglomeratów kuleczek tłuszczowych i skoagulowanego białka zaobserwowano w próbce mleka kontrolnego, które wykazywało najniższe pH ($6,07 \pm 0,08$) po przechowywaniu. Zaobserwowano także aglomeraty kuleczek tłuszczu i skoagulowanego białka mleka w próbach poddanych działaniu ciśnień 200 MPa i 300 MPa po przechowywaniu (ryc. 1 d, f). Jednak pomiary wielkości cząstek wykazały, że proces grupowania był mniej wyraźny niż w mleku kontrolnym [14]. Koagulacji białek nie obserwowano w próbach po obróbce ciśnieniem 400 i 500 MPa, co zostało potwierdzone w obrazach mikroskopowych.

Wnioski

1. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować o dużym potencjale techniki wysokich ciśnień w poprawie jakości mikrobiologicznej mleka koziego, pozwalającej na zastąpienie tradycyjnej metody utrwalania przy zastosowaniu wysokiej temperatury. Ma to szczególne znaczenie z uwagi na niską stabilność cieplną mleka koziego uniemożliwiającą jego utrwalenie w wysokiej temperaturze.
2. Mając na względzie standardy higieniczne mleka jako surowca i bezpieczeństwo konsumenta można stwierdzić, że presuryzacja spełnia postawione cele pod względem mikrobiologicznym, ponieważ skutkuje destrukcją drobnoustrojów bez oznak widocznej koagulacji skrzepu.
3. Zatem mleko kozie poddane presuryzacji może zostać przeznaczone do dalszej produkcji. Kolejne etapy badań nad wpływem presuryzacji na cechy mleka koziego należy rozszerzyć o oznaczenie innych grup drobnoustrojów oraz skoncentrować się na przemianach zwiększających wartość odżywczą i biologiczną mleka.

Literatura

- [1] Abbas H.M., Hassan F.A.M., Abd El-Gawad M.A.M., Enab A.K.: Physicochemical characteristics of goat's milk. *Life Sci. J.*, 2014, 11(1s), 307-317.
- [2] Adamiak A., Górska A., Mróz B.: Bakterie psychrotrofowe w mleku surowym i jego przetworach., *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2015, 4 (101), 36-48.
- [3] Andrés V., Villanueva M.J., Tenorio M.D.: Influence of high pressure processing on microbial shelf life, sensory profile, soluble sugars, organic acids, and mineral content of milk- and soy smoothies. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2016, 65, 98-105.
- [4] Considine T., Patel H.A., Anema S.G., Singh H., Creamer L.K.: Interaction of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments - a review. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2007, 8(1), 1-23.
- [5] Danków-Kubisz R.: Nowoczesne metody przetwarzania mleka koziego. *Wiadomości Zootechniczne*, R. XLV, 2007, 1-2, 15-21.
- [6] Danków R., Wójtowski J., Pikul J., Gut A.: Przydatność mleka koziego do przetwórstwa. *Ann. Warsaw Agric. Univ.*, 2000, 37, 60-73.
- [7] Deeth H.C., Fitz-Gerald C.H., Wood A.F.: A convenient method determining the extend of lipolysis in milk, *Austral. Dairy Technol.*, 1975, 30(3), 109-113.
- [8] Delgado F.J., González-Crespo J., Cava R, Ramirez R.: Changes in the volatile profile of a raw goat milk cheese treated by hydrostatic high pressure at different stages of maturation, *Int. Dairy J.*, 2011, 21(3), 135-141.
- [9] Dudzińska A., Domagała J., Wszolek M.: Wpływ wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na mikroorganizmy występujące w mleku i na właściwości mleka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2014, 3 (94), 27-40.
- [10] FAOSTAT Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (26.07. 2023)
- [11] Gervilla R., Ferragut V., Guamis B.: High hydrostatic pressure effects on colour and milk-fat globule of ewe's milk. *J. Food Sci.*, 2001, 66(6), 880-885
- [12] Huppertz T., Fox P.F, Kelly A.L.: High pressure treatment of bovine milk: Effects on casein micelles and whey proteins. *J Dairy Res.*, 2004, 71(1), 98-106.
- [13] Joon R., Mishra S.K., Brar G.S., Singh P.K., Panwar H.: Instrumental texture and syneresis analysis of yoghurt prepared from goat and cow milk. *Pharma Innov.*, 2017, 6(7), 971-974.
- [14] Kielczewska K., Jankowska A., Dąbrowska A., Wachowska M., Ziajka J.: The effect of high pressure treatment on the dispersion of fat globules and the fatty acid profile of caprine milk. *Int. Dairy J.*, 2020, 102, #104607.
- [15] Kielczewska K., Dąbrowska, A., Jankowska A., Wachowska M., Kowalik J.: The effect of high-pressure treatment and skimming on caprine milk proteins. *Appl Sci.*, 2021, 11(13), #5982.
- [16] Kim H. Y., Kim S.H., Choi M.J., Min S.G., Kwak H.S.: The Effect of High Pressure-Low Temperature Treatment on Physicochemical Properties in Milk. *J. Dairy Sci.* 2007, 91, 4176-4182.
- [17] Kim I.S., Hur Y.K., Kim E.J., Ahn Y.T., Kim J.G., Choi Y. J., Huh Ch.S.: Comparative analysis of the microbial communities in raw milk produced in different regions of Korea. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 2017, 30, 11, 1643-1650.
- [18] Law A.J.R., Leaver J., Felipe X., Ferragut V., Pla R., Guamis B.: Comparison of the effects of high pressure and thermal treatments on the casein micelles in goat's milk. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, 46(7), 2523-2530.
- [19] Ma J., Wang Q., Dou N., Li Y., Ma Y., Liu Y., Wu M., Wei X., Miao Y., Chen L., Xu D., Hou J., Jiang Z.: Evaporative concentration and high-pressure homogenization for improving the quality attributes and functionality of goat milk yogurt. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2023, 184, #115016.
- [20] Matyjewicz O., Czyzak-Runowska G., Pankiewicz R., Leska B.: Determination of casein, calcium

- and magnesium in different types of milk. *Ind. Technol. Engin.*, 2016, 4(21), 34-40.
- [21] Miller B.P., Lu Ch. D.: Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 2019, 32, (8 Suppl), 1219-1232.
- [22] Park Y.W., Jeanjulien, C., Siddique A.: Factors affecting sensory quality of goat milk cheeses: a review. *J. Adv. Dairy Res.*, 2017, 5, #185.
- [23] PN-ISO 8553:2023-06 - Mleko - Oznaczenie liczby drobnoustrojów - Technika płytkowo-ezowa w temperaturze 30 stopni C.
- [24] PN-ISO 6730:2008 - Mleko - Oznaczenie liczby jednostek tworzących kolonie drobnoustrojów psychrotrofowych -- Metoda liczenia kolonii w temperaturze 6,5 stopni C.
- [25] Razali M.F., Narayanan S., Hazmi N.A.M., Shah N.N.A.K., Kamal S.M.M., Fauzi N.A.M., Sulaiman, A.: Minimal processing for goat milk preservation: Effect of high-pressure processing on its quality. *J. Food Process. Preserv.*, 2021, 45(12), #7.
- [26] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 r. dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego.
- [27] Samaržija, D., Zamberlin Š., Pogacic T.: Psychrotrophic bacteria and their negative effects on milk and dairy products quality psychrotrophic bacteria and milk and dairy products quality. *Mljekarstvo*, 2012, 62(2), 75-95
- [28] Strzałkowska N., Jóźwik A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczuk K., Pyzel B., Siwiec D., Horbańczuk J.O.: The concentration of free fatty acids in goat milk as related to the stage of lactation, age and somatic cell count. *Int. J. Adv. Integr. Med. Sci.*, 2010, 28(4), 389-396.
- [29] Tan S.F., Chin N.L., Tee T.P., Chooi S.K.: Physico-chemical changes, microbiological properties, and storage shelf life of cow and goat milk from industrial high-pressure processing. *Processes*, 2020, 8(6), #697.
- [30] Tomovska J., Gjorgievski N., Makarijoski B.: Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk *J. Mater. Sci. Eng.*, 2016, 11-12, 326-333.
- [31] Vasbinder A., De Kruijff C. G.: Casein–whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *Int. Dairy J.*, 2003, 13, 669–677.
- [32] Yang B., Ying S., Xiaodong X., Meili X., Xin W., Baoyi J., Jinghong M.: Inactivation of foodborne pathogens in raw milk using high hydrostatic pressure. *Food Control*. 28, (12), 273-278.
- [33] Ye A., Cui J., Singh H.: Effect of the fat globule membrane on in vitro digestion of milk fat globules with pancreatic lipase. *Int. Dairy J.*, 2010, 20(12), 822-829.


THE EFFECT OF HIGH PRESSURE ON THE SELECTED PROPERTIES OF GOAT'S MILK

S u m m a r y

Background. The aim of the study was to determine the effect of the pressure of 200 ÷ 500 MPa/20 °C/15 min. on the selected characteristics of goat's milk. The total bacterial count (OLD), psychrotrophic bacterial count, acidity, protein, casein and free fatty acid (FFA) content were determined and microscopic images of the milk were analyzed. The analyses were performed immediately after pressure application and during 14 days of storage at 4 °C.

Results and conclusions. The application of the pressure of 200 ÷ 400 MPa resulted in a significant ($p \leq 0.05$) pressure-dependent reduction in OLD. Applying the pressure of 500 MPa resulted in a complete reduction of OLD. Psychrotrophic bacteria were not found immediately after the application of the pressure of 300 ÷ 500 MPa; however, an increase of these bacteria was observed during storage. The application of the pressure of 200 ÷ 500 MPa had no effect on acidity immediately after pressurization and signif-

icantly ($p \leq 0.05$) reduced the increase in milk acidity during storage. Pressurization resulted in an increase of casein content, while no significant change of protein content was found ($p > 0.05$), which may be due to the interaction of casein with whey proteins. The effect of the pressure of 200 ÷ 500 MPa resulted in an increase in FFA content. During storage, the FFA content was lower in the pressurized milk compared to the control milk. Differences were found in the microscopic images of control and pressure-treated milk immediately after pressurization and after storage. These changes were due to the aggregation of fat globules immediately after pressurization and the formation of clusters of fat globules and coagulated protein during storage.

Key words: goat's milk, high pressures, casein, FFA, psychrotrophic bacteria 

LUZIANA HOXHA, MERGIM MESTANI*, DEMOKRAT NUHA,
PAJTIM BYTYÇI, BERAT DURMISHI

SUSTAINABLE APPLICATIONS OF CEREAL-BASED PRODUCTS THROUGH THE UTILISATION OF FRUIT WASTE

S u m m a r y

Background. The fruit and vegetable processing industry plays a key role in the agri-food industry. Nowadays, the huge quantities of fruit and waste disposed have attracted the attention of several sectors worldwide, not only because of the concern over environmental impacts but also because of the high proportions of nutrients and bioactive compounds these inedible parts can provide. This study explores the valorization of fruit waste through the incorporation of banana and mandarin peel powder (PP) into cereal-based products as an approach to support sustainability and healthy diet. Banana and mandarin peels were processed into a powder form and added to muffins and cookies at concentrations of 3 %, 5 % and 8 %. The samples were analyzed on the day of preparation as well as after 1, 2, 3 and 5 days of storage.

Results and conclusions. Comprehensive physico-chemical analyses demonstrated improvements in nutritional and functional properties compared to control samples. Specifically, the addition of peel powder resulted in elevated energy values, enhanced the nutritional quality by increasing the protein content (up to 12.8 %), total fat (up to 7.84 %), total carbohydrates (up to 11.4 %), total ash (up to 76.9 %), and total vitamin C content (up to 3.95-fold). Furthermore, fruit peel powder acted as a moisture binder agent, by reducing the moisture content and water activity potentially extending product shelf life. Mandarin peel powder exerted a more pronounced effect on physico-chemical characteristics compared to banana peel powder. Additionally, the incorporation of fruit peel powder substantially elevated the levels of total polyphenols, flavonoids and antioxidant activity, with values up to 2.7-fold higher than the control samples. Sensory evaluations confirmed the acceptability of the products, with overall quality ratings ranging from 6.6 to 8.2 on a 9-point hedonic scale. This research underscores the viability of fruit peel powder as a sustainable ingredient for reducing food waste, while enhancing the nutritional profile and functionality of cereal-based products.

Keywords: fruit waste utilization, peel powder, cereal-based products, nutritional enhancement, sustainability, antioxidant activity

*Dr L. Hoxha, ORCID: 0000-0002-8725-5991, Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment, University of Padova, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD) Italy; Dr M. Mestani, ORCID: 0000-0001-6427-7824; Dr D. Nuha, ORCID: 0000-0002-7271-6791; Dr P. Bytyçi, ORCID: 0000-0002-1521-3370; Msc. B. Durmishi, ORCID: 0000-0003-4487-1812, Food Science and Biotechnology, UBT-Higher Education Institution, Calabria, str. Rexhep Krasniqi Nr. 56, Prishtina 10000, Kosovo. *Corresponding Author: e-mail: mergim.mestani@ubt-uni.net*

Introduction

Bananas (*Musa paradaisica L.*) and mandarins (*Citrus reticulata*) constitute the types of fruit which are widely cultivated in tropical and subtropical regions across the globe. Both of these fruit types offer numerous benefits in terms of improving diet quality and can be consumed fresh, processed into various products or used as ingredients in functional foods [2]. Moreover, their industrial processing ensures the efficient utilization of raw materials and minimizes food losses [3].

One significant aspect of both these fruit types is their peel, which accounts for more than 30 % of the total fruit mass [6]. Unfortunately, this results in the generation of several tons of organic waste annually, most of which ends up in landfills or marine environments along with general waste [7]. Consequently, the food-processing industry faces a major challenge in reducing and managing such vast quantities of waste. This concern stems from the need to minimize negative environmental impacts and achieve sustainable development outcomes [10]. To address this issue, it is crucial to develop innovative strategies for the valorization of fruit waste [12].

Citrus and banana peels have been found to contain significant amounts of fiber, pectin, vitamin C, polyphenols and other valuable compounds. This composition renders them highly suitable for exploitation as value-added food products [13]. Consequently, the objective of this paper is to explore the potential of utilizing mandarin and banana peel waste in muffins and cookies as an approach to sustainability [14]. By incorporating fruit peel waste into baked goods, we can not only address the waste management challenge but also enhance the nutritional value of the final products. This approach aligns with the principles of the circular economy, where waste is minimized, resources are maximized, and environmental sustainability is prioritized [15].

The inclusion of mandarin and banana peels in muffins and cookies offers several advantages. Firstly, it significantly boosts the fiber content of these baked goods [16]. Fruit peels are rich in dietary fiber, and increased fiber intake has been associated with numerous health benefits, including improved digestion, reduced risk of chronic diseases and weight management [18]. Incorporating fruit peels can help individuals meet their daily fiber requirements in a delicious and convenient manner. Secondly, the peels are a valuable source of pectin, a natural polysaccharide widely used as a gelling agent in the food industry [19]. By adding pectin derived from fruit peels, we can enhance the texture and moisture retention of muffins and cookies, resulting in improved quality and prolonged shelf life [20].

Moreover, the peels contain significant amounts of vitamin C and polyphenols, which serve as potent antioxidants [21]. Antioxidants play a vital role in neutralizing harmful free radicals in the body, thereby protecting against oxidative stress and reducing the risk of chronic diseases [26]. The incorporation of mandarin and banana peels

into baked goods can elevate their antioxidant content, providing consumers with an enjoyable way to increase their antioxidant intake [25].

In addition to the nutritional benefits, the utilization of fruit peels in muffins and cookies can impart unique flavors and aromas [27]. The peels contribute a delightful citrusy note to the baked goods, enhancing their taste and sensory appeal. This flavor infusion can be particularly appealing to individuals who appreciate citrus flavors or seek novel taste experiences [28].

The aim of this research is to explore the potential of utilizing banana and mandarin peel waste in muffins and cookies as a sustainable approach. By incorporating banana and mandarin peel powder into baked goods, the study aims to address the challenge of waste management, while also enhancing the nutritional and functional qualities of the finished products. The research seeks to demonstrate that the inclusion of peel powder leads to improvements in various aspects of cereal-based products (muffins and cookies). This includes increasing the energy value, protein content, total fat, total carbohydrates, total ash, vitamin C content, total bioactive compounds and antioxidant activity compared to control samples. Additionally, the sensory attributes of the final products, namely appearance, taste, aroma, texture and overall quality, will be evaluated.

Material and methods

Preparation of banana and mandarin peel powder and cereal-based products

Preparation of banana and mandarin peel powder

In this study, banana (*Musa paradaisica* L.) and mandarin (*Citrus reticulata*) fruit was procured from the local market in Tirana (Albania). Prior to processing, both fruit types underwent a thorough washing process with distilled water to ensure cleanliness. Afterward, only the peel (weighing at least 3 kg wet) was utilized and further cut into small pieces and subjected to sun-drying until the moisture content reached 5 %. Once adequately dried, the fruit peel was transformed into a powder form using a blender and then sieved to obtain a fine peel powder (PP).

Preparation of cereal-based products

For muffins and cookies, traditional recipes (Table 1) were applied, dough was prepared by mixing thoroughly all ingredients till a homogeneous dough was taken, while peel powder of banana (PPB) and peel powder of mandarin (PPM) were gradually incorporated into the dough and finally, the baking powder was added. The various ingredients used in this study (white wheat flour, brown sugar, salt, baking powder, olive oil, eggs, milk and yogurt) were acquired from the domestic market in Tirana, Albania. The control samples of muffins (M) and cookies (C) were prepared without

the addition of PP of banana (PPB) and mandarin (PPM), using only white wheat flour. Additionally, different formulations were created by substituting wheat flour in various proportions with PPB and PPM, respectively these formulations included 3 % of the mixture (M_PP3 and C_PP3, M_PPM3 and C_PPM3), 5 % (M_PP5 and C_PP5, M_PPM5 and C_PPM5), and 8 % (M_PP8 and C_PP8, M_PPM8 and C_PPM8), as a substitute for wheat flour. The muffins were poured in equal portions of 30 g in small pans, while for cookies, the dough was rolled into a sheet of uniform thickness, cut into round shape pieces, and then placed in an oven at $180 \div 200$ °C for $10 \div 12$ min.

Table 1. The codes of study samples

Tabela 1. Kody badanych próbek

Muffin control / Muffina kontrolna (M)*	Peel powder / Sproszkowane skórki (PP)**	Muffin with mandarin peel powder / Muffiny ze sproszkowaną skórką z mandarynek (M_PPM)	Muffin with banana peel powder / Muffiny ze sproszkowaną skórką z bananów (M_PP)
white wheat flour / biała mąka pszenna (34.3 %), brown sugar / cukier brązowy (21.4 %), salt / sól (0.5 %), baking powder / proszek do pieczenia (1.5 %), olive oil / oliwa (10.1 %), eggs / jaja (10 %) milk / mleko (22.2 %)	3 %	M_PPM3	M_PP3
	5 %	M_PPM5	M_PP5
	8 %	M_PPM8	M_PP8
Cookies control / Ciastko kontrolne (C)*	Peel powder / Sproszkowane skórki (PP)	Cookies with mandarin peel powder / Ciastka ze sproszkowaną skórką z mandarynek (M_MPP)	Cookies with banana peel powder / Ciastka ze sproszkowaną skórką z bananów (M_BPP)
white wheat flour / biała mąka pszenna (47.6 %), brown sugar / cukier brązowy (14.3 %), salt / sól (0.4 %), baking powder / proszek do pieczenia (1.3 %), olive oil / oliwa (7.5 %), eggs / jaja (9.2 %) yogurt / jogurt (19.7 %)	3 %	C_PPM3	C_PP3
	5 %	C_PPM5	C_PP5
	8 %	C_PPM8	C_PP8

Explanatory notes / objaśnienia:

*The proportions of components were expressed as fractions (%) of the mixture, with the sum of proportions equal to 100 %; **The fruit peel powder was applied as a flour substitute in muffins and cookies in the total mass prepared / *Proporcje składników wyrażono jako ułamki (%) mieszaniny, przy czym suma proporcji wynosi 100 %; **Proszek ze skórek owoców zastosowano jako zamiennik mąki w muffinkach i ciasteczkach w całej przygotowanej masie.

Once cooled, each sample was individually packaged in commercial multi-layer film bags using a partial vacuum sealing technique. This packaging method helped to maintain the quality and freshness of the baked goods until all subsequent analyses were conducted. The muffins and cookies were prepared in triplicate.

Throughout the study, only chemicals of analytical grade were utilized. These high-quality chemicals ensure the accuracy and reliability of the analytical procedures employed in the experiments. The use of analytical-grade chemicals is important in research settings as it helps to minimize potential contaminants and inconsistencies that may affect the results and interpretation of the study.

Overall, this study involved the procurement, processing and utilization of banana and mandarin fruit peel in the form of a powdery ingredient for the preparation of muffins and cookies. The control samples without PP were compared to different formulations containing 3, 5 and 8 % of PP. By analyzing and comparing the sensory, nutritional and other relevant properties of the baked goods, the researchers aimed to evaluate the effects of incorporating PP into the recipes. The careful selection of ingredients, the use of analytical-grade chemicals and the appropriate packaging techniques contribute to ensuring the accuracy and validity of the experimental results obtained in this study.



Figure 1. Study samples: mandarin and banana peels, dried and powdered (PP), muffins and cookies enriched with PP in different formulations (3, 5 and 8 %)

Rycina 1. Próbkki do badań: skórkki mandarynek i bananów, suszone i sproszkowane (PP), babeczki i ciasteczka wzbogacone PP w różnych recepturach (3, 5 i 8 %)

Analytical methods

Evaluation of physico-chemical properties of the cereal-based products

To assess the nutritional composition and other relevant properties of the samples, several analyses were conducted using the methods outlined by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [1]. The total content of protein, fat, ash, total acidity (TA) and vitamin C was determined for each sample. These analyses provide valuable information about the macronutrient composition and the acidity level of the samples, as well as the presence of vitamin C, an important nutrient. The results obtained from these analyses were expressed as grams per 100 grams of fresh weight (FW) of the sample, allowing for easy comparison between the different formulations.

Energy content

To calculate the energy values of the samples, the Atwater factor was applied. The Atwater factor is a widely used method for estimating the caloric content of food based on the energy contribution of each macronutrient. In this study, a factor of 4 kcal per gram was used for both protein and carbohydrates, while a factor of 9 kcal per gram was used for fat. By applying these factors to the respective amounts of protein, fat and carbohydrates in the samples, the energy values were calculated.

Moisture measurement

Moisture content was determined using an advanced moisture analyzer Ohaus, where 0.5 ± 0.002 g of the sample was uniformly distributed on an aluminum plate. The results were expressed in g/100 g (wet basis) and performed in triplicate.

Determination of protein

Protein was determined using the Kjeldahl method according to AOAC (ref. 976.05) [1], Kjeldahl system Foss™ (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA USA) was used for nitrogen and protein analysis, after distillation and titration, the nitrogen was multiplied by a 5.7 factor. The results were expressed in g/100 g (wet basis) and performed in triplicate.

Determination of total fat

Total fat was determined by the Soxhlet (Behrotest, Labor-Technik GmbH, Düsseldorf, Germany) standard extraction method with ethyl ether, according to AOAC (ref. 963.15) [1]. The results were expressed in g/100 g (wet basis) and analyzed in triplicate.

Determination of total ash

Total ash was determined gravimetrically, after incineration in a muffle furnace (Heraeus M104, Thermo Fisher Scientific, USA), at 600 °C. The results were expressed in g/100 g (wet basis). Total ash was analyzed in triplicate.

Determination of carbohydrates

The carbohydrate content was determined by difference [100 - (protein + fat + ash + water)]. Since the total content of protein, fat, ash and water was known, the remaining percentage was attributed to carbohydrates. This calculation method accounts for all the major macronutrients present in the samples and ensures that the values add up to 100 %. All measurements were performed in triplicate.

pH and total acidity measurement

The measurement of pH was performed with a Benchtop pH meter (Ultra Basic Model UB-10, Denver Instrument, USA), having an accuracy of 0.001 pH, and previously calibrated with 4.00 and 7.00 pH buffer solutions. The total acidity was determined by titration with sodium hydroxide solution 0.1 M according to AOAC ref. 942.15, and ref. 920.14 [1], and the results were expressed as % citric acid. The pH and total acidity were determined in triplicate.

Water activity measurement

The water activity (a_w) of the samples was measured at a temperature of 25 °C using a water activity meter, specifically the Retronic model. To ensure accurate readings, the water activity meter was calibrated with appropriate standards, such as those with the known water activity of 1.000 a_w . The measurement of water activity provides information about the water availability and stability of the samples, which can influence their shelf life and microbial growth. The measurement of water activity was performed in triplicate.

Color measurement

The color value of the samples was determined using a portable colorimeter called NH310. This device measures color based on the CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) parameters L^* , a^* , and b^* . The L^* parameter represents lightness, ranging from 0 (black) to 100 (white). The a^* parameter measures the greenness (-) to redness (+) spectrum, while the b^* parameter measures the blueness (-) to yellowness (+) spectrum. By quantifying these color parameters, the colorimeter provides objective data on the appearance and visual characteristics of the samples. The color L^* , a^* and b^* were measured in triplicate.

Determination of vitamin C

Vitamin C was determined according to Mussa and El Sharaa [17], an amount of 20 cm³ of the sample solution in a 250 cm³ beaker was added to about 150 cm³ of distilled water and 1 mL of 1 % starch indicator solution. The solution was titrated with 0.005 M I₂ standard solution, and the end point of the titration was identified by the first trace of dark blue color (due to the starch-iodine complex). The titration was repeated with other samples, until we obtained compatible results (difference in titters < 0.1 cm³), and a mean volume was calculated for the iodine solution used and then the moles of ascorbic acid reacting with iodine that react were calculated. The concentrations were calculated in mg of ascorbic acid/100 g sample FW (fresh weight). All measurements were performed in triplicate.

By conducting these analyses, the researchers aimed to gather comprehensive information about the nutritional composition, water activity and color properties of the samples. This data contributes to the overall understanding of the samples' quality, nutritional value and potential sensory attributes. The application of standardized methods, calibration of instruments and adherence to recognized analytical protocols ensure the accuracy and reliability of the obtained results.

Determination of bioactive compounds and antioxidant activity of baked goods

Extracts preparation

To extract bioactive compounds from the samples, a specific extraction procedure was followed. A precise amount of 0.5 ± 0.002 g of sample was mixed with 10 cm³ of acidified methanol, which contained 80 % methanol and 1 % hydrochloric acid (HCl). The mixture was then vigorously vortexed for 5 minutes to ensure thorough extraction. Subsequently, centrifugation was carried out at a temperature of 20 °C, at a speed of 4,500 revolutions per minute (rpm) for 15 minutes. This process allowed for the separation of the supernatant, which was collected for further analysis. The collected supernatant was then filtered to remove any particulate matter. This entire extraction procedure was performed in triplicate to ensure accuracy and reproducibility.

Determination of total polyphenols

The total polyphenols in the samples were determined using the Folin-Ciocalteu method according to Singleton and Rossi [22] and Hoxha and Kongoli [9]. Folin-Ciocalteu (Fluka) reagent (diluted five times) was mixed with 0.2 cm³ of extracts and 0.5 cm³ 7.5 % Na₂CO₃. The reaction took 30 minutes at room temperature in darkness. In this method, after reaction time, the absorption of the samples was measured against a blank using a UV-Vis spectrophotometer (Libra S22, Bichrom UK) at a wavelength of 765 nm. The absorbance readings were taken in triplicate. The results obtained from the spectrophotometric measurements were expressed as milligrams of gallic acid

equivalents (GAE) per 100 grams of fresh weight (FW) of the sample, according to a calibration curve, built in the range of $0.02 \div 0.10$ mg gallic acid (Fluka) standard. This measurement provides information about the total content of polyphenolic compounds in the samples. The total polyphenols were determined in triplicate.

Determination of total flavonoids

Total flavonoids content was determined colorimetrically by the method described previously by Hoxha and Kongoli [9] and Zubair et al. [29]. Each obtained extract (1 mL) was placed in 10 cm^3 volumetric flasks, then distilled water in the amount of 5 cm^3 and 0.3 cm^3 of 5 % NaNO_2 (Merck) was added, and after 5 minutes 0.3 cm^3 of 10 % AlCl_3 (Merck, Germany) was added. After another 6 minutes, 2 cm^3 of 1 M NaOH (Merck) was added and made up to the volume of 10 cm^3 with distilled water. The reaction mixture absorbance was measured at 510 nm using a UV-Vis spectrophotometer (Bichrom, UK). The results were expressed in mg equivalent of (+) catechin per 100 g FW, according to the calibration curve, linear in the range of $10 \div 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (+) catechin (Sigma, Germany) standard. The total flavonoids were determined in triplicate.

Determination of antioxidant activity

The antioxidant activity was assessed by two tests: ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).

ABTS radical scavenging assay

The antioxidant activity of the extracts was determined by ABTS radical scavenging assay [9]. The ABTS (2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation was generated by mixing 7.0 mM ABTS (Sigma, Germany) in dd H_2O and 2.45 mM potassium persulfate (Merck, Germany) in dd H_2O , and the reaction was performed for 16 hours at room temperature in darkness before use. The stock solution was diluted in methanol (VVR) until the absorption at 734 nm was 0.7 ± 0.02 . For the assay, $985 \mu\text{l}$ of ABTS^+ solution was mixed with $15 \mu\text{l}$ of the extract. The absorption of the sample was measured after 6 minutes of reagent addition using spectrophotometer (Bichrom, UK). The antioxidant activity of the extract was expressed as mg ascorbic acid equivalent (AAE) per 100 g of sample in FW basis. This test was conducted in triplicate.

DPPH radical scavenging assay

DPPH radical scavenging activity of fig extracts was performed employing the methods of Sun et al. [23] with some modifications. The sample extracts of $30 \mu\text{l}$ were completed to 2 cm^3 with 0.1 mM DPPH (Sigma, Germany). The mixture was vortexed for 20 seconds. The absorbance was measured at 515 nm using a spectrophotometer

(Libra S22, Bichrom, UK), after 20 minutes incubation at room temperature and in darkness. As a blank solution, 2 cm³ of 80 % methanol was used. The absorbance of DPPH (2 cm³) was A_{control}. The inhibition percentage of the absorbance was calculated as follows: Inhibition % = (A_{control} - A_{sample})/A_{control}. The DPPH test was performed in triplicate.

All the measurements for polyphenols, flavonoids and antioxidant activity were performed in triplicate, ensuring reliable and reproducible results. By conducting these analyses, the researchers aimed to assess the presence of bioactive compounds and the antioxidant potential of the samples. This information contributes to understanding the potential health benefits and functional properties of the samples, making them valuable for further applications in food and nutrition.

Evaluation of sensorial characteristics

To assess the sensory attributes of the samples, a panel of 10 non-trained participants was recruited. The panelists were asked to evaluate the appearance, flavor, aroma, gumminess, texture and the overall quality of the samples using a 9-point hedonic scale. This scale allowed the panelists to rate their preference or liking for each sensory characteristic on a scale ranging from 1 to 9.

The 9-point hedonic scale used in the evaluation was as follows: 1 - dislike extremely, 2 - dislike very much, 3 - dislike moderately, 4 - dislike slightly, 5 - neither like nor dislike, 6 - like slightly, 7 - like moderately, 8 - like very much, and 9 - like extremely. This scale provided a range of options for the panelists to express their level of liking or disliking for each attribute. Each panelist evaluated the samples independently and provided their ratings for appearance, flavor, aroma, gumminess, texture and overall quality. This allowed for multiple individual opinions to be gathered, providing a comprehensive assessment of the sensory characteristics.

The use of non-trained participants in the sensory evaluation ensures the representation of the general consumer population, as they do not possess specialized training that could bias their judgments. This approach allows for a more realistic reflection of how the samples would be perceived by consumers in terms of their sensory attributes.

By employing this evaluation method, the researchers aimed to gain insights into the acceptability and the overall sensory appeal of the samples. The panelists' ratings provided valuable information regarding the samples' appearance, taste, aroma, texture, and overall desirability. This sensory evaluation complements the chemical and nutritional analyses, providing a holistic understanding of the samples' quality and consumer acceptance.

Statistical Analysis

To assess the stability and changes in the samples over time, all measurements were conducted in triplicate and at different time points: at the time of preparation, as well as after 1 day, 2 days, 3 days and 5 days of storage. This allowed for the evaluation of the effect of the peel powder (PP) on the muffins and cookies during the storage. Descriptive statistics were produced using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (IBM Version 28.0, Armonk, NY). The results obtained were analyzed and reported as mean values, representing the average of the measurements, along with the corresponding standard deviation (SD), which indicates the degree of variability within the triplicate measurements. This reporting method allows for the representation of both the central tendency and the level of dispersion in the data, providing a comprehensive understanding of the results obtained. By conducting measurements in triplicate and analyzing mean values with standard deviation, the researchers ensure the reliability and accuracy of the reported results. This approach also helps to account for any natural variation that may occur between individual samples and provides robust representation of the overall trends and changes observed during the storage period.

Results and discussion

Physico-chemical characteristics of the cereal-based products

The nutritional values of muffins and cookies enriched with mandarin and banana peel powder were evaluated and the results are presented in Table 1 and Figures 2 ÷ 4. The energy value of the muffins and cookies ranged from 1,384 to 1,709 kJ/100 g FW of sample. When compared to the control samples, the products enriched with peel powder exhibited higher energy values, with an increase of up to 10.3 %. This indicates that the addition of mandarin and banana peel powder contributes to the overall caloric content of the products.

The total protein content in the muffins and cookies ranged from 4.7 to 5.5 g/100 g FW of sample, with a standard deviation (SD) of 0.22. The incorporation of peel powder led to an increase in protein content of up to 12.8 % compared to the control samples. This suggests that peel powder is a good source of protein, which enhances the nutritional profile of products.

The total fat content in the muffins and cookies varied from 10.2 to 11.1 g/100 g FW of the sample, with an SD of 0.23. The addition of peel powder resulted in a fat content increase of up to 7.84 % compared to the control samples. This indicates that the peel powder contributed to the overall fat content of the products. The total carbohydrate content in the muffins and cookies ranged from 56.2 to 73.2 g/100 g FW of the

Table 1. The nutritional composition of muffins and cookies (control samples and with PP added in different formulations), the results are expressed per 100 g of edible portion

Tabela 1. Skład odżywczy babeczek i ciastek (próbki kontrolne oraz z dodatkiem PP w różnych recepturach), wyniki podano w przeliczeniu na 100 g porcji jadalnej

Sample / Próbką	Energy / Energia [kJ]	Protein / Białko [g]	Fat / Tłuszcz [g]	Carbohydrates / Węglowodany [g]	Ash / Popiół [g]	Vitamin C / Witamina C [mg]
M	1562	4.7±0.02	10.7±0.09	65.7±0.11	0.65±0.2	8.4±0.21
M_PPM3	1580	5.0±0.02	10.9±0.14	66.1±0.19	0.71±0.36	23.2±0.8
M_PPM5	1708	5.2±0.08	11.0±0.01	73.2±0.1	0.78±0.02	32.7±0.02
M_PPM8	1709	5.3±0.03	11.1±0.0	73.0±0.2	1.16±0.04	33.1±0.2
M_PPB3	1579	5.1±0.3	10.8±0.3	66.1±0.3	0.71±0.01	8.7±0.01
M_PPB5	1704	5.2±0.01	10.9±0.01	73.2±0.05	0.78±0.8	16.6±0.01
M_PPB8	1704	5.3±0.04	11.0±0.05	73.0±0.11	1.15±0.01	17.1±0.04
C	1384	4.9±0.05	10.2±0.19	56.2±0.09	0.75±0.11	8.3±0.4
C_PPM3	1450	5.2±0.3	10.8±0.36	58.4±0.8	0.85±0.03	16.5±0.36
C_PPM5	1516	5.3±0.21	10.9±0.05	62.1±0.21	0.93±0.01	23.6±0.3
C_PPM8	1527	5.5±0.8	11.0±0.04	62.3±0.03	0.96±0.05	25.7±0.11
C_PPB3	1425	5.3±0.3	10.8±0.36	56.9±0.8	0.96±0.03	8.5±0.36
C_PPB5	1448	5.4±0.21	10.9±0.05	57.9±0.21	1.06±0.01	15.3±0.3
C_PPB8	1473	5.5±0.8	11.0±0.04	59.2±0.03	1.16±0.05	16.1±0.11

sample. The addition of peel powder increased the carbohydrate content by up to 11.4 % compared to the control samples. This demonstrates that the peel powder added to the carbohydrate content of the products.

The total ash content in the muffins and cookies varied from 0.65 to 1.16 g/100 g FW of the sample. Supplementation with the mandarin and banana peel powder resulted in an increased ash content of up to 76.9 % compared to the control samples. This indicates that the peel powder contributed significantly to the mineral content of the cereal-based products. The total vitamin C content ranged from 8.3 to 33.1 mg/100 g FW of the sample. The addition of fruit peel powder led to higher vitamin C values, with increases of up to 3.95-fold compared to the control samples. This highlights the potential of peel powder as a source of vitamin C, which is an important antioxidant nutrient.

Considering the nutritional values of the muffins and cookies, as well as their corresponding samples enriched with 3 %, 5 % and 8 % mandarin and banana peel powder, it is evident that the utilization of fruit peel powder could be nutritionally advantageous. The peel powder contributed to increased protein, fat, carbohydrate, ash, and vitamin C contents in the products, enhancing their overall nutritional profile.

In a study by Brigagão et al. [4], the optimization of gluten-free muffins using pineapple peel, banana peel and pumpkin seed flours showed that the muffins with pumpkin seed flour increased the lipid content, resulting in reduced firmness. While in the study of Giri et al. [8], it was shown that with the addition of pomegranate peel powder in muffins, the nutritional value was improved by a significant increase in the content of calcium, potassium, magnesium and other nutrient components. This indicates that different types of fruit and seed flours can be used to modify the texture and nutritional composition of baked goods. Furthermore, the previous research also emphasized the positive effects of fruit peels on food products. Citrus and banana peels have been found to increase fiber, pectin, vitamin C and other valuable compounds in food [13, 19, 21]. Pectin derived from fruit peels can enhance the texture and moisture retention of muffins and cookies, improving quality and prolonging shelf life [20]. These findings suggest that the incorporation of fruit peel powder into baked goods offers a promising avenue for enhancing their nutritional value, texture and shelf life. These findings underscore the importance of exploring innovative ways to utilize fruit by-products in food production, contributing to both nutritional enrichment and waste reduction efforts.

Furthermore, Figure 2 illustrates the moisture content of the muffins and cookies both at the onset of production (day 0) and after the storage periods ranging from 1 to 5 days. The moisture content of the muffins and cookies ranged from 11.5 (C_PP8) to 28.2 (M) g/100 g FW of the sample, with a standard deviation (SD) of 4.2. During the storage period of 1 to 5 days, there was a moisture loss of up to 1.86-fold for the muf-

fin, while the cookies lost moisture up to 1.33-fold. The addition of mandarin peel powder to the muffins resulted in a decrease in moisture content by 2.29-fold compared to the control (M). Similarly, the addition of banana peel powder led to a moisture content decrease of 2.45-fold in the muffins compared to the control. In the case of the cookies, the addition of mandarin and banana peel powder resulted in moisture content decreases of up to 1.53-fold and 1.56-fold, respectively. Notably, banana peel powder demonstrated a superior ability to reduce moisture compared to mandarin peel powder in both muffins and cookies. Contrastingly, Brigagão et al. [4] investigated the optimization of gluten-free muffins using pineapple peel, banana peel and pumpkin seed flours. Their findings revealed that muffins containing pineapple peel flour and banana peel flour exhibited higher moisture content. Additionally, the inclusion of pumpkin

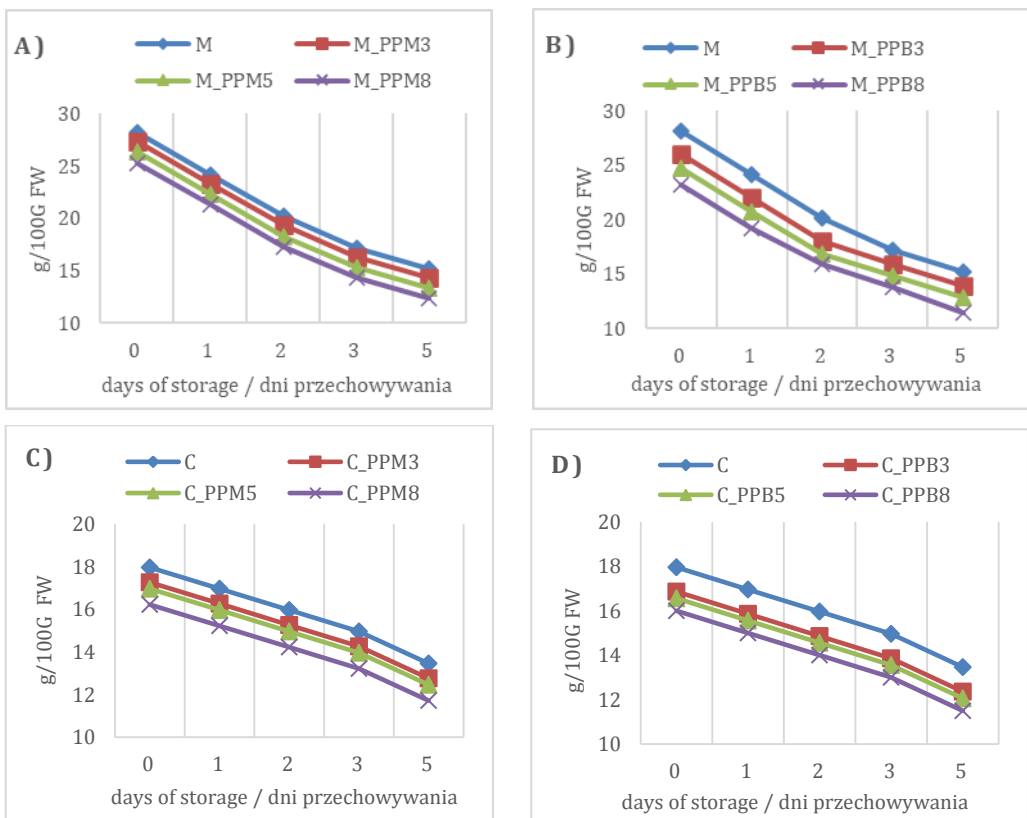


Figure 2. Moisture content of muffins and cookies at the time of production (day 0) and after 1÷5 days of storage a) muffins with mandarin, b) muffins with banana, c) cookies with mandarin and d) cookies with banana

Rycina 2. Wilgotność muffin i ciastek w momencie produkcji (dzień 0) i po 1÷5 dniach przechowywania a) babeczki z mandarynką, b) babeczki z bananem, c) ciasteczka z mandarynką, d) ciasteczka z bananem

seed flour increased lipid content and resulted in the reduced firmness of the muffins. These differing outcomes could be attributed to variations in experimental conditions, ingredient formulations and processing techniques employed in the respective studies.

Figure 3 illustrates the water activity (a_w) in the muffins and cookies at two time points: day 0 (production) and after 1 ÷ 5 days of storage. This chart highlights the temporal changes in water activity for these baked goods, crucial for understanding their shelf life and microbial stability. Water activity (a_w) is a vital parameter in food science, indicating water available for microbial growth and chemical reactions.

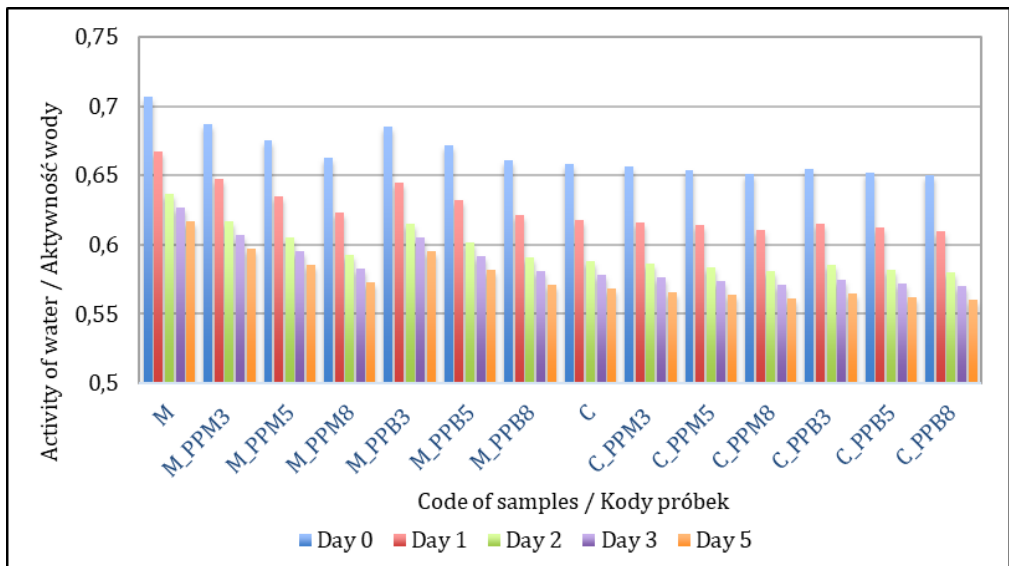


Figure 3. Activity of water (a_w) of muffins and cookies at the time of production (day 0) and after 1÷5 days of storage

Rycina 3. Aktywność wody (a_w) babeczek i ciasteczek w momencie produkcji (dzień 0) i po 1÷5 dniach przechowywania

The water activity measurements revealed that the control samples had higher a_w values: 0.707 for muffins (M) and 0.658 for cookies (C), with a standard deviation of 0.04. In the context of muffins (M) and cookies (C) with varying percentages of fruit peel powder (3 %, 5 % and 8 %), the lowest observed a_w value for muffins was 0.571 (M_PP8, Day 5); conversely, for cookies, the minimum a_w value was 0.561 (C_PPM8 and C_PP8, Day 5) respectively. Incorporating fruit peel powder resulted in lower a_w values. During the storage, there was a notable decrease in a_w of up to 26 %. Considering both moisture content and water activity, the addition of fruit peel powder appears beneficial. The powder has water-binding capacity, leading to reduced water content and activity. This variability could enhance product stability and deter

microbial growth, potentially extending shelf life. However, further investigation is necessary to validate these findings and comprehend peel powder's impact on product stability and microbial development.

Also, the study examined titratable acidity variations in M (muffins) and C (cookies) with different concentrations of peel powder in all samples (PPM3, PPM5, PPM8, PPB3, PPB5 and PPB8), which are presented in Figure 4. Results showed fluctuating titratable acidity levels in both M and C, ranging from 0.07g citric acid/100 g (M_PPM3) to 0.39g citric acid/100 g (M_PPM8) for M and 0.02g citric acid/100 g (C_PPB3) to 0.24g citric acid/100 g (C_PPM8) for C. Banana peel powder resulted in lower acidity values in both muffins and cookies compared to mandarin peel powder and their respective products.

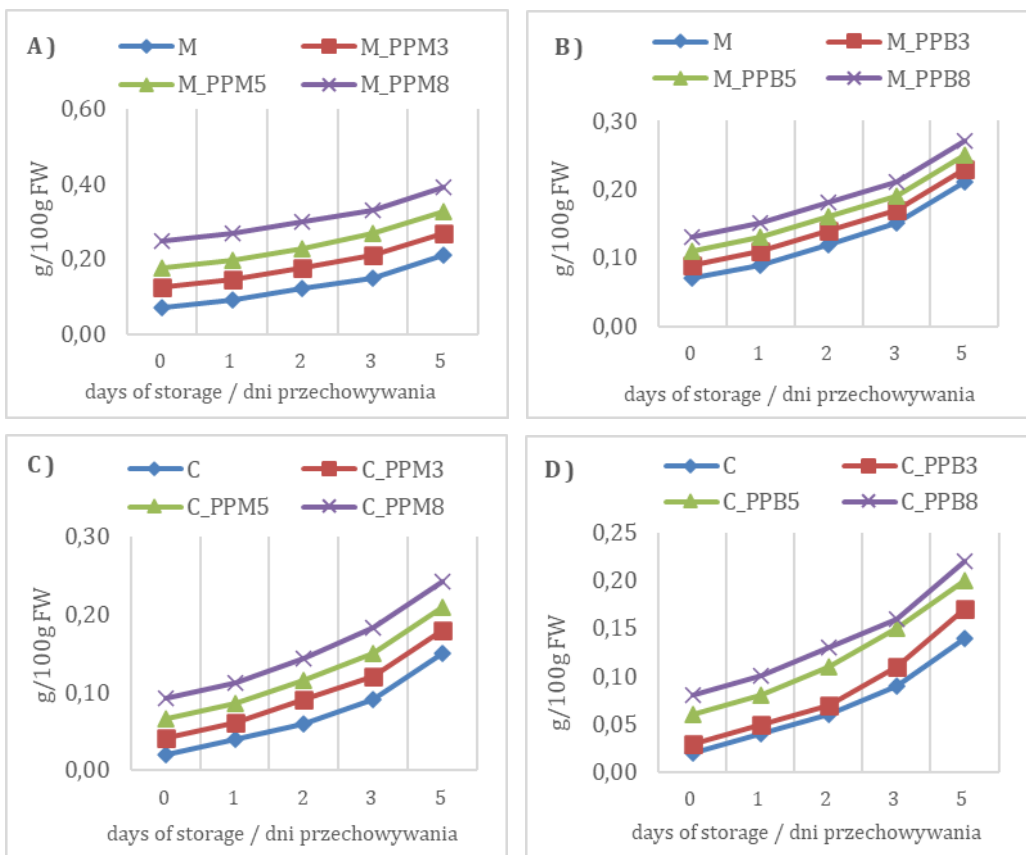


Figure 4. Total acidity of muffin and cookie samples and changes during storage (1÷5 days of storage) A) muffins with mandarin, B) muffins with banana, C) cookies with mandarin and D) cookies with banana

Rycina 4. Kwasowość całkowita próbek babeczek i ciastek oraz zmiany w czasie przechowywania (1÷5 dni przechowywania) A) babeczki z mandarynką, B) babeczki z bananem, C) ciasteczka z mandarynką i D) ciasteczka z bananem

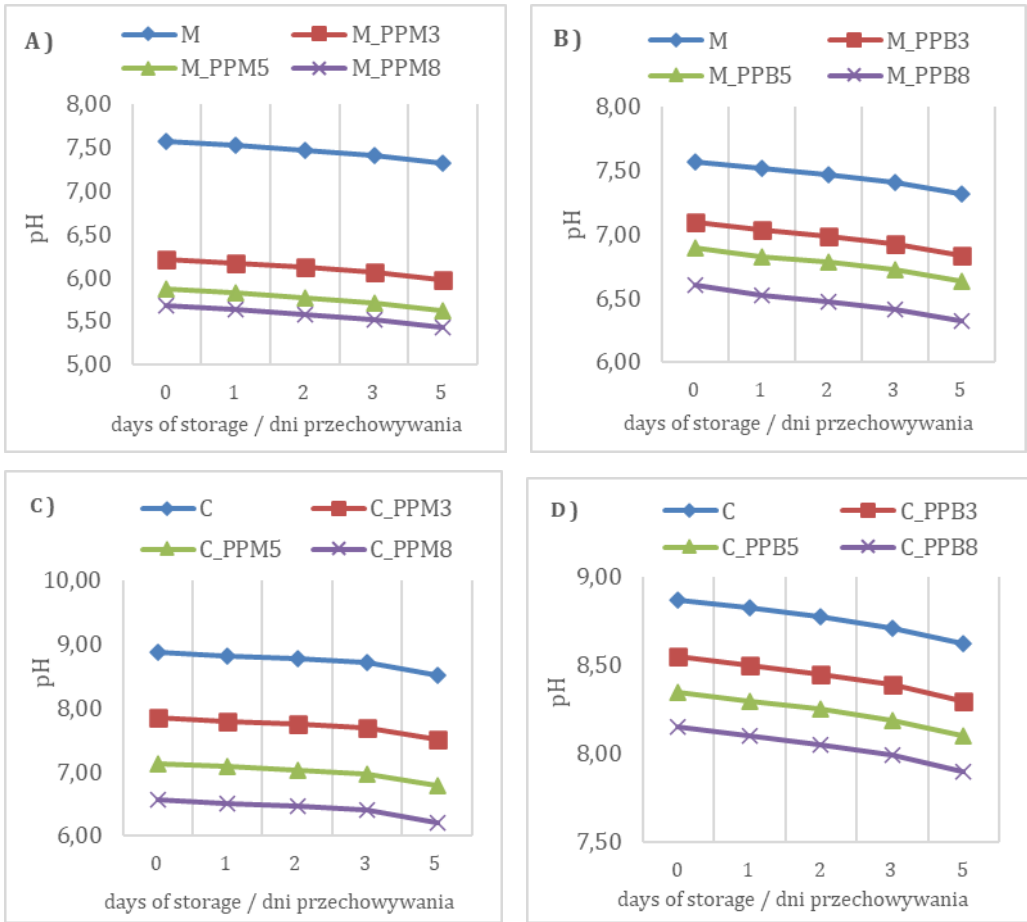


Figure 5. pH value of muffins and cookies samples and changes during storage (1÷5 days of storage) A) muffins with mandarin, B) muffins with banana, C) cookies with mandarin and D) cookies with banana

Rycina 5. Wartość pH próbek babeczek i ciastek oraz zmiany w czasie przechowywania (1-5 dni przechowywania) A) babeczki z mandarynką, B) babeczki z bananem, C) ciasteczka z mandarynką i D) ciasteczka z bananem

Regarding the pH values of the muffins (M) and cookies (C) supplemented with 3 %, 5 % and 8 % fruit peel powder (Figure 5), they ranged as follows: for the muffins, the minimum pH was 5.43 (M_PPM8 - day 5), while the maximum pH was 7.57 (M - day 1) across different concentrations. Conversely, the cookies exhibited a minimum pH range of 6.21 (C_PPM8 - day 5) to a maximum pH range of 8.87 (C - day 1) for the same concentrations of fruit peel powder. Incorporating banana peel powder led to higher pH values in both muffins and cookies compared to mandarin peel powder and their respective products. These findings align with the observations made by Urganci

and Fatma [24], who examined the effects of pomegranate peel in biscuit formulation. They observed notable changes in pH and total acidity, attributing them to the addition of pomegranate peel, which led to a decrease in pH and a slight increase in total acidity. These observations parallel those made by us, suggesting that the incorporation of various fruit peel powders can alter the chemical composition of baked goods, potentially enhancing their quality and extending shelf life. Therefore, both studies highlight the importance of fruit peel powder as a functional ingredient in muffins and cookies, influencing their acidity, pH and overall characteristics.

The total color values (Figure 6) of the cereal-based products were analyzed and it was observed that they had positive values for L^* , a^* and b^* components. The L^* values ranged from 43.75 to 60.25, representing brightness, with a standard deviation of 5.58. The a^* values ranged from 5.21 to 17.83, representing red color, with a standard deviation of 3.98. The b^* values ranged from 16.45 to 40.21, representing yellow color, with a standard deviation of 6.53.

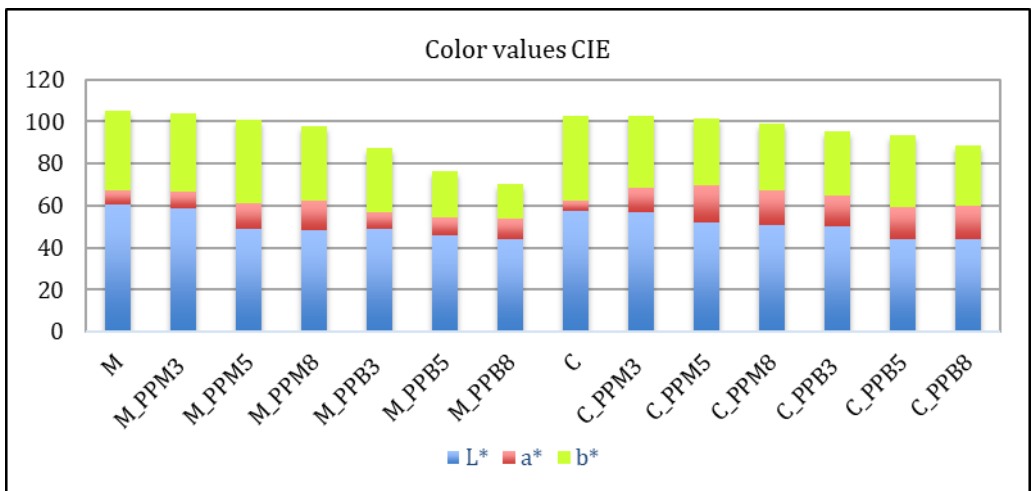


Figure 6. Color values CIE $L^*a^*b^*$ of the muffins and cookies enriched with mandarin and banana PP
Rycina 6. Wartości barwy CIE $L^*a^*b^*$ muffinów i ciastek wzbogaconych mandarynkowo-bananowym PP

Comparing the control samples (M and C) to the samples enriched with fruit peel powder, it was found that the L^* and b^* values were higher in the control samples. As the percentage of fruit peel powder increased, the L^* and b^* values decreased. Additionally, when mandarin peel powder was added, higher L^* and b^* values were obtained compared to banana peel powder. In contrast, the a^* values showed an opposite trend. The a^* values increased with the addition of fruit peel powder to the muffins and cookies. During storage, slight changes in the a^* values were observed. The results of

the study suggest that the addition of fruit peel powder significantly influenced the color characteristics of the cereal-based products. Specifically, the control samples exhibited higher brightness and yellow color compared to the samples enriched with fruit peel powder. However, the red color intensity increased with the incorporation of fruit peel powder. This suggests that the type of fruit peel used can also impact the color profile of the final products.

These findings align with a study conducted by Brigagão et al. [4], which explored the optimization of gluten-free muffins using various fruit peel flours. In their study, it was found that the addition of pumpkin seed flour increased the L* value, hue angle and chroma of the muffins' crust and crumb. On the other hand, banana peel flour decreased these parameters.

In conclusion, the incorporation of fruit peel powder, such as mandarin and banana peels, into cereal-based products can alter their color characteristics due to the presence of pigments like carotenoids and anthocyanins. These changes in color may have implications for the overall sensory perception and acceptability of products.

Total bioactive compounds and antioxidant activity of value-added muffins and cookies

The content of total bioactive compounds and antioxidant activity of the muffins and cookies enriched with mandarin and banana peel powder were evaluated and the results are presented in Figure 7.

Figure 7 displays the values of total polyphenols, flavonoids and antioxidant activity measured using two tests: ABTS^{•+} and DPPH[•]. The results revealed that the total polyphenol (TP) content ranged from 99.4 to 304.8 mg GAE/100 g FW of the sample, with a standard deviation of 67.7. The total flavonoid (TF) content ranged from 31.4 to 92.5 mg CE/100 g FW of the sample, with a standard deviation of 17.9.

The total antioxidant activity, as determined by the DPPH test, ranged from 10.2 to 54.7 % inhibition, with a standard deviation of 13.6. The ABTS test showed a total antioxidant activity ranging from 21.2 to 82.3 % inhibition, with a standard deviation of 16.6. The addition of fruit peel powder contributed to an increase in the content of total polyphenols, flavonoids and antioxidant activity, with values up to 2.7-fold higher than the control samples. Overall, the cookies exhibited higher values compared to the muffins in terms of total bioactive compounds and antioxidant activity.

Furthermore, the mandarin peel powder had a greater impact on enhancing these bioactive compounds and antioxidant activity compared to the banana peel powder. The magnitude of the increase depended on the amount of fruit peel powder added, with the order being PPB3 < PPB5 < PPB8 and PPM3 < PPM5 < PPM8. These findings indicate that the incorporation of the mandarin and banana peel powder into the muffins and cookies resulted in a significant boost in the levels of total polyphenols,

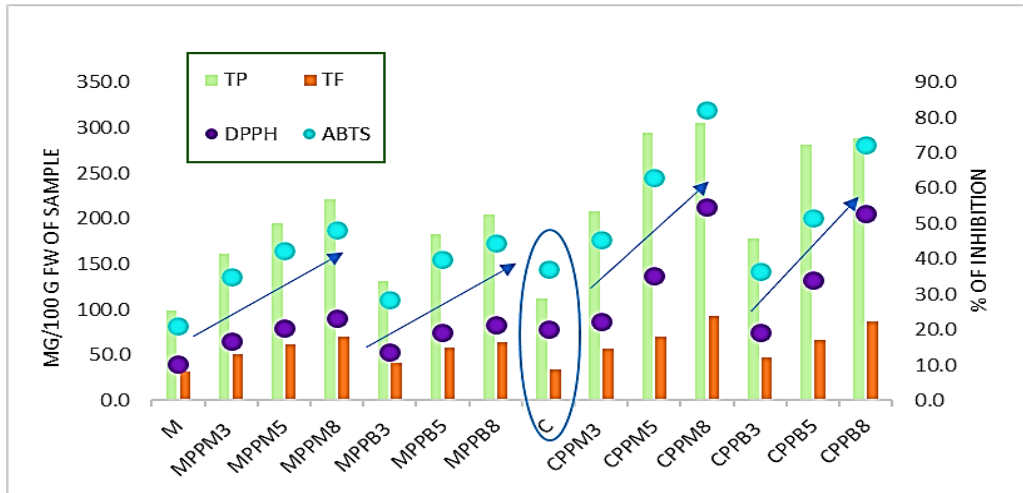


Figure 7. Total bioactive compounds and antioxidant activity of muffins and cookies enriched with mandarin and banana peel powder

Rycina 7. Suma składników bioaktywnych i aktywność przeciwutleniająca babeczek i ciasteczek wzbogaconych sproszkowaną skórką mandarynki i banana

flavonoids and antioxidant activity. These bioactive compounds and antioxidant properties are attributed to the presence of phytochemicals, such as phenolic compounds and flavonoids, in the fruit peel powder. The findings of our research align with those of other studies. These studies collectively highlight the significant contribution of fruit peel powder to enhancing the bioactive compounds and antioxidant activity of various food products, including muffins and cookies. Chakraborty et al. [5] emphasized the richness of polyphenols in unprocessed banana peels, corroborating our findings regarding the potent source of bioactive compounds in banana peel powder-enriched muffins and cookies. Additionally, Rockström et al. [21] emphasized the polyphenol content of fruit peels, supporting the notion that these peels are valuable sources of bioactive compounds, including polyphenols, which contribute to the enhanced nutritional profile of baked goods. Moreover, Wedamulla [25] demonstrated the positive impact of incorporating mandarin and banana peels into baked products, aligning with the focus of our research on the beneficial effects of fruit peel powder enrichment on antioxidant activity. Similarly, Giri et al. highlighted the improvement in nutritional value, particularly in terms of fiber content, phenols and antioxidant activity, through the use of pomegranate peel powder in muffins [8]. Furthermore, Kaur et al. [11] provided insights into the antioxidant activity and total phenol content enhancement in gluten-free muffins enriched with apple peels, reinforcing the broader consensus regarding the beneficial effects of fruit peel inclusion in baked goods. Overall, these studies collectively underscore the potential of fruit peel powder as a functional ingre-

dient for enhancing the nutritional quality and health benefits of bakery products, consistent with our research findings. Further exploration into the bioavailability and health effects of these enriched compounds upon consumption would be valuable for future research endeavors.

Sensorial characteristics of value-added muffins and cookies

The results for the sensorial characteristics of the muffins and cookies enriched with mandarin and banana peel powder are presented in Figure 8.

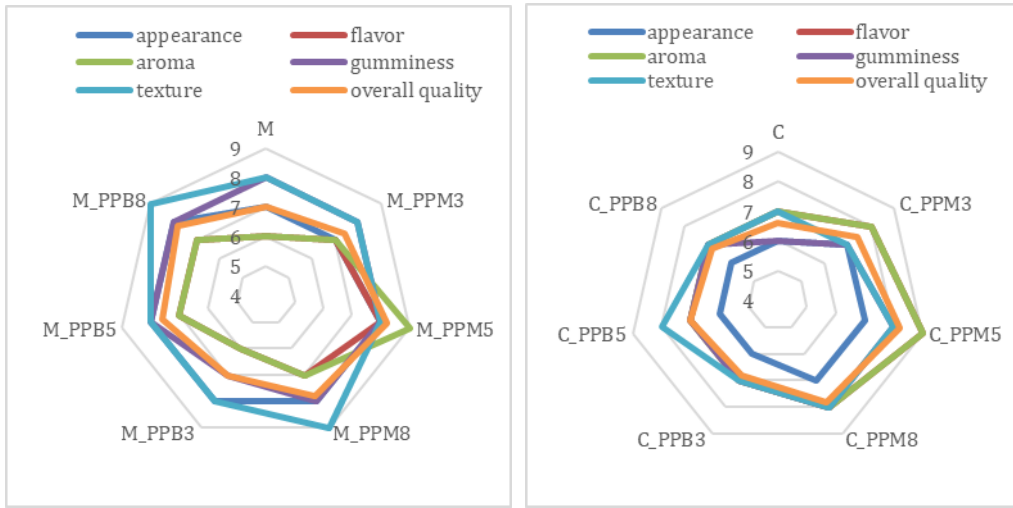


Figure 8. Sensorial characteristics of muffins and cookies at the time of production (day 0) and after 1-5 days of storage

Rycina 8. Charakterystyka sensoryczna babeczek i ciasteczek w momencie produkcji (dzień 0) i po 1-5 dniach przechowywania

The sensorial characteristics of the muffins and cookies enriched with mandarin and banana peel powder were evaluated using a 9-point hedonic scale. The panelists rated the products based on appearance, flavor, aroma, gumminess, texture and overall quality. The results showed that the values for these sensory attributes ranged from 6 to 9, with standard deviations ranging from 0.53 to 0.91.

In terms of appearance, the products received ratings between 6 and 8, indicating that they were visually appealing. Flavor and aroma were also well-received, with ratings ranging from 6 to 9, suggesting a pleasant taste and aroma. Gumminess, which refers to the texture and chewiness of the products, received ratings between 6 and 8. Texture, including the overall mouthfeel, was rated between 7 and 9, indicating a desirable texture. When considering the overall quality, the products received ratings ranging from 6.6 to 8.2, with a standard deviation of 0.53. These scores demonstrate

that the panelists found the products to be of good quality and likable. Regardless of the degree of the addition of the mandarin and banana peel powder, the cereal-based products were generally well-accepted by the panelists.

The results suggest that the addition of fruit peel powder, such as the one from mandarins and bananas, had a beneficial effect on the sensorial characteristics of the products. The samples with added mandarin peel powder (MPPM5 and CPPM5) obtained the highest mean score for overall quality, indicating that they were particularly favored by the panelists. The samples with banana peel powder also received higher scores for overall acceptability compared to the control samples (M and C), although they were slightly lower than the scores for the samples with mandarin peel powder. These findings demonstrated that the incorporation of mandarin and banana peel powder into the muffins and cookies could enhance the sensorial attributes of the products, resulting in the products that were well-liked and deemed of good quality by the panelists. These results further support the potential of fruit peel powder as an ingredient for improving the sensory experience of baked goods. The findings from the study on the sensorial characteristics of the muffins and cookies enriched with mandarin and banana peel powder align with similar research conducted by other authors. In a study by Brigagão et al. [4] gluten-free muffins were improved using pineapple peel, banana peel and pumpkin seed flour. Formulations with pineapple peel flour and a mix of pineapple peel flour and pumpkin seed flour were well-liked by consumers, offering both nutritional benefits and expanding the variety of gluten-free options. Another study by Kaur et al. [11] explored the use of apple peel in muffins. The analysis revealed that increasing the level of apple peel addition resulted in muffins with increased firmness, springiness and chewiness. Sensory panelists favored muffins with apple peel inclusion due to higher taste scores, attractive color and better texture parameters. Additionally, enriched muffins using pomegranate peel powder were deemed acceptable, indicating its potential to enhance physicochemical properties and shelf life [8]. In conclusion, the incorporation of fruit peel powders, such as the ones from mandarins, bananas, pineapples, apples and pomegranates, into baked goods has been shown to positively impact their sensory characteristics and nutritional profile, leading to products that are well received by consumers. These studies collectively underscore the potential of utilizing fruit peel powders as valuable ingredients in bakery formulations, offering both sensory and nutritional benefits for consumers.

Conclusion

1. The utilization of fruit peel powder from banana and mandarin peels in the muffins and cookies at different concentrations (3 %, 5 % and 8 %) offered a multitude of advantages (nutritional and functional benefits). The incorporation of fruit peel powder led to enhancements in protein content, total fat, total carbohydrates, total

ash and total vitamin C content compared to the control samples. Additionally, fruit peel powder acted as a water-binding agent, resulting in decreased moisture content and water activity, potentially extending the shelf life of the baked goods. Mandarin peel powder particularly impacted various physico-chemical characteristics more significantly than banana peel powder, especially as regards the vitamin C content.

2. The addition of fruit peel powder substantially boosted the levels of total polyphenols, total flavonoids and antioxidant activity in the products, suggesting potential health benefits. Despite these improvements, the sensory attributes of the baked goods remained appealing, with positive ratings for appearance, flavor, aroma, texture and overall quality.
3. Overall, integrating fruit peel powder represents a sustainable strategy to minimize food waste, while enhancing the nutritional profile and functional properties of baked products. Further exploration could delve into assessing the bioavailability and health effects of these bioactive compounds, as well as optimizing formulations to maximize the utilization of fruit peel powder in diverse culinary applications.

References

- [1] AOAC. Official methods of analysis of AOAC international - 20th edition, Editor: George W. Latimer, Jr, Association of Official Analytical Chemists, 2016, Gaithersburg, USA.
- [2] Alim A., Li T., Nisar T, Ren D., Zhai X., Pang Y., Yang X.: Antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activity-based comparative study of peel and flesh polyphenols from *Actinidia chinensis*. *Food Nutr. Res.*, 2019, 63, #1577.
- [3] Babiker W.A., Sulieman A.M., Elhardallou S.B., Khalifa E.A.: Physicochemical properties of wheat bread supplemented with orange peel by-products. *Int. J. Food Scie. Nutr.*, 2013, 2(1), 1-4.
- [4] Brigagão TC, Fortes RR, Lourenço CO, Carvalho EE, Cirillo MÂ, Nachtigall AM, Vilas Boas BM. Optimization of gluten- free muffins made with pineapple peel, banana peel, and pumpkin seed flours. *J. Food Process. Preserv.*, 2021, 45(12), e16037.
- [5] Chakraborty C., Bandyopadhyay K., Ganguly S., Banerjee B., Mukherjee S. Potential of raw banana peel as a source of polyphenol in muffins. *Pharm. Innov. J.*, 2017, 6(10), 40-43.
- [6] Contreras-Calderón J., Calderón-Jaimes L., Guerra-Hernández E., Garcia-Villanova B.: Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Res. Int.*, 2011, 44(7), 2047-2053.
- [7] Demei K., Zhang M., Phuhongsung P., Mujumdar A.S.: 3D food printing: Controlling characteristics and improving technological effect during food processing. *Food Res. Int.*, 2022, 156, #111120.
- [8] Giri N.A., Gaikwad P., Gaikwad N.N., Manjunatha N., Krishnakumar T., Kad V., Raigond P., Suryavanshi S., Marathe R.A.: Development of fiber- enriched muffins using pomegranate peel powder and its effect on physico- chemical properties and shelf life of the muffins. *J. Sci. Food Agricult.*, 2024, 15, 104(4), 2346-2358.
- [9] Hoxha L., Kongoli R.: Evaluation of antioxidant potential of Albanian fig varieties “krapz zi” and “Krapz Bardhe” cultivated in the region of Tirana. *J. Hyg. Engineer. Design*, 2016, 16, 70-74.

- [10] Kaur C., Kapoor H.C.: Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium’s health. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2001, 36(7), 703-725.
- [11] Kaur M., Kaur M., Kaur H.: Apple peel as a source of dietary fiber and antioxidants: Effect on batter rheology and nutritional composition, textural and sensory quality attributes of muffins. *J. Food Measur. Character.*, 2022, 16(3), 2411-2421.
- [12] Kokila T., Ramesh P.S., Geetha D.: Biosynthesis of AgNPs using Carica Papaya peel extract and evaluation of its antioxidant and antimicrobial activities. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2016, 134, 467-473.
- [13] Lebaka V.R., Wee Y.J., Ye W., Korivi M.: Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *Int. J. Environ. Res. Pub. Health.*, 2021, 18(2), #741.
- [14] Liu H., Cao J., Jiang W.: Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2015, 63(2), 1042-1048.
- [15] Maqbool Z., Khalid W., Atiq H.T., Koraqi H., Javaid Z., Alhag S.K., Al-Shuraym L.A., Bader D.M., Almarzuq M., Afifi M., Al-Farga A.: Citrus waste as source of bioactive compounds: Extraction and utilization in health and food industry. *Molecules*. 2023, 28(4), #1636.
- [16] Moo-Huchin V.M., Moo-Huchin M.I., Estrada-León R.J., Cuevas-Glory L., Estrada-Mota I.A., Ortiz-Vázquez E., Betancur-Ancona D., Sauri-Duch E.: Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chem.*, 2015, 166, 17-22.
- [17] Mussa S. B., El Sharaa I.: Analysis of Vitamin C (ascorbic acid) Contents packed fruit juice by UVspectrophotometry and Redox Titration Methods. *IOSR J. Appl. Phys.*, 2014, 6(5), 46-52.
- [18] Pattanaik M., Pandey P., Martin G.J., Mishra H.N., Ashokkumar M.: Innovative technologies for extraction and microencapsulation of bioactives from plant-based food waste and their applications in functional food development. *Foods*, 2021, 30, 10(2), #279.
- [19] Ramful D., Tarnus E., Aruoma O.I., Bourdon E., Bahorun T.: Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Res. Int.*, 2011, 44(7), 2088-2099.
- [20] Rannou C., Laroque D., Renault E., Prost C., Sérot T.: Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods. *Food Res. Int.*, 2016, 90, 154-176.
- [21] Rockström J., Stordalen G.A., Horton R.: Acting in the anthropocene: the EAT–Lancet commission. *The Lancet*, 2016, 387(10036), 2364-2365.
- [22] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.*, 1965, 16(3), 144-158.
- [23] Sun T, Powers JR, Tang J.: Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food Chemistry*, 2007, 105, 101-106.
- [24] Urganci U., Fatma I.S.: Quality characteristics of biscuits fortified with pomegranate peel. *Akademik Gıda*. 2021, 19(1), 10-20.
- [25] Wedamulla N.E., Fan M., Choi Y.J., Kim E.K.: Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *J. Funct. Foods*. 2022, 95, #105163.
- [26] Vu H.T., Scarlett C.J., Vuong Q.V.: Optimization of ultrasound- assisted extraction conditions for recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity from banana (*Musa cavendish*) peel. *J. Food Process. Preserv.*, 2017, 41(5), #13148.
- [27] Yadav A., Kumar N., Upadhyay A., Pratibha, Anurag R.K.: Edible packaging from fruit processing waste: A comprehensive review. *Food Rev. Int.*, 2023, 39(4), 2075-2106.
- [28] Zahid G., Iftikhar S., Farooq M.U., Soomro S.A.: Advances in DNA based Molecular Markers for the Improvement of Fruit Cultivars in Pakistan-A Review. *Sarhad J. Agricult.*. 2022, 38(3), 812-832.

- [29] Zubair M, Hassan S, Rizwan K, Rasool N, Riaz M, Zia-Ul-Haq M, Defeo V.: Antioxidant potential and oil composition of *Callistemon viminalis* leaves. The Sci. World J., 2013, #489071.

ZRÓWNOWAŻONE ZASTOSOWANIE PRODUKTÓW NA BAZIE ZBÓŻ POPRZEZ WYKORZYSTANIE ODPADÓW OWOCOWYCH

Streszczenie

Wprowadzenie. Przemysł przetwórstwa owocowo-warzywnego odgrywa kluczową rolę w przemyśle rolno-spożywczym. Obecnie duże ilości wyrzucanych owoców i odpadów przyciągają uwagę kilku sektorów na całym świecie, nie tylko ze względu na obawy związane z wpływem na środowisko, ale także ze względu na dużą zawartość składników odżywczych i związków bioaktywnych, jakie mogą dostarczyć te niejadalne części. W pracy przeanalizowano możliwość wykorzystania odpadów owocowych poprzez dodanie sproszkowanych skórek bananów i mandarynek (PP) do produktów na bazie zbóż w celu wspierania zrównoważonego rozwoju i zdrowej diety. Skórki bananów i mandarynek przetworzono na proszek i dodano do babeczek i ciastek w stężeniach 3 %, 5 % i 8 %. Analizę próbek przeprowadzono w dniu przygotowania oraz po 1, 2, 3 i 5 dniach przechowywania.

Wyniki i wnioski. Kompleksowe analizy fizykochemiczne wykazały poprawę właściwości odżywczych i funkcjonalnych w porównaniu z próbkami kontrolnymi. W szczególności dodatek sproszkowanych skórek spowodował podniesienie wartości energetycznej, poprawę jakości odżywczej poprzez zwiększenie zawartości białka (do 12,8 %), tłuszczu całkowitego (do 7,84 %), węglowodanów ogółem (do 11,4 %), popiołu całkowitego (do 76,9 %), a całkowita zawartość witaminy C wzrosła aż 3,95-krotnie. Ponadto, proszek ze skórek owoców działał jako środek wiążący wilgoć, zmniejszając zawartość wilgoci i aktywność wody, potencjalnie wydłużając okres przydatności produktu do spożycia. Proszek ze skórek mandarynki wywierał bardziej wyraźny wpływ na właściwości fizykochemiczne w porównaniu do proszku ze skórek banana. Ponadto dodatek sproszkowanych skórek owoców znacznie podniósł poziom polifenoli, flawonoidów i aktywność przeciwutleniającą, osiągając wartości aż 2,7-krotnie wyższe niż w próbkach kontrolnych. Oceny sensoryczne potwierdziły akceptację produktów, uzyskując ogólną ocenę jakości od 6,6 do 8,2 w 9-punktowej skali hedonicznej. Badanie to potwierdza przydatność proszku ze skórek owoców jako zrównoważonego składnika ograniczającego marnowanie żywności, przy jednoczesnej poprawie profilu odżywczego i funkcjonalności produktów na bazie zbóż.

Słowa kluczowe: utylizacja odpadów owocowych, proszek ze skórek, produkty na bazie zbóż, wzmocnienie odżywcze, zrównoważony rozwój, aktywność przeciwutleniająca ☒

EWA KACZMARCZYK, JERZY ŁUKASIAK, KAROL SZCZUROWSKI,
MAREK PRUSAKOWSKI

OTRZYMYWANIE SUPLEMENTÓW DIETY ŻELAZA(II) I SELENU(IV) POPRAZ ICH BIOTRANSFORMACJĘ W *ARTHROSPIRA* SP.

Streszczenie

Wprowadzenie. Celem badań prowadzonych w latach 2018 – 2021 było opracowanie nowego sposobu hodowli mikroalg *Arthrospira* sp. w warunkach zamkniętych tak, by otrzymywane w rezultacie mikroalgi były pozbawione zanieczyszczeń mikrobiologicznych, zanieczyszczeń metalami ciężkimi i WWA, a równocześnie zawierały dodatkowe mineralne składniki odżywcze (żelazo i selen). Zakres projektu obejmował badania przemysłowe, prace rozwojowe oraz zgłoszenia patentowe uzyskanych wyników. Na badania przemysłowe składały się: hodowla eksperymentalna spiruliny w warunkach laboratoryjnych, ekstrakcja fikocyjaniny w warunkach laboratoryjnych oraz badania nad parametrem antyoksydacyjnym ORAC.

Wyniki i wnioski. Surowiec uzyskany w wyniku badania spełnia wszystkie wymagane prawem normy jakościowe w zakresie zawartości metali ciężkich i WWA oraz czystości mikrobiologicznej. Wykazano, że mikroalgi wyhodowane metodą suplementacji zastosowaną w badaniu zawierają średnio 57,7 µg selenu w porcji dziennej 3 g. W przypadku żelaza zawartość w surowcu wynosiła do 11,7 mg w 3 g. Ponadto odnotowano jego bardzo znaczny współczynnik ORAC. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że spirulina-Fe(II) oraz spirulina-Se(IV) wykazują znaczny potencjał antyoksydacyjny, co może czynić je przydatnymi surowcami do produkcji suplementów diety i żywności funkcjonalnej. Suplementy diety i żywność funkcjonalna uzyskane metodami użytymi w badaniu mogą mieć znaczenie w suplementowaniu ważnymi mikroelementami Fe(II) i Se(IV), a jednocześnie mogą być zastosowane do uzupełnienia diety cennymi składnikami *Arthrospira* sp.

Słowa kluczowe: spirulina, fotobioreaktor, selen, żelazo, suplementacja

Wprowadzenie

Żelazu jako znanemu mikroelementowi krwiotwórczemu poświęcono bardzo bogatą literaturę. W badaniach i aplikacjach należy zawsze pamiętać o tym, że rola fizjologiczna żelaza dotyczy pierwiastka na drugim stopniu utlenienia, która to forma jest

mało stabilna termodynamicznie, co stwarza problemy technologiczne w zachowaniu stabilnej formy żelaza na II stopniu utlenienia, a zatem trwałości preparatu [2, 3, 5, 16].

Wykorzystując zdolności wiążące (chelatujące) spiruliny, w badaniach postanowiono uzyskać nową trwałą formę organicznego żelaza(II). Wzbogacenie spiruliny w procesie biotransformacji może pozwalać na uzyskanie suplementu spiruliny wzbogaconej istotnym mikroelementem, jakim jest żelazo(II), w porcjach dziennego pobrania.

Pierwiastkiem znacznie lepiej opisanym w literaturze dotyczącej fizjologii jest współcześnie selen, który spełnia funkcję istotnego stymulatora układu immunologicznego. W pierwszej dekadzie XXI wieku badania podstawowe w dziedzinie fizjologii selenu były prowadzone także w Gdańskim Uniwersytecie Medycznym. Miały one charakter poszukiwania korelacji pomiędzy poziomem selenu w surowicy krwi a chorobą Wilsona oraz niedomaganiami gruczołu tarczycowego [4, 7, 18, 22].

Badania nad suplementacją selenem mają także dość długą historię i były doświadczalnie trudne, ponieważ granica pomiędzy jego bezpiecznym stosowaniem a działaniem toksycznym jest dość wąska. Oczywiście bezpiecznym nieorganicznym związkiem selenu jest selenin(IV).

W badaniu suplementacji spiruliny zastosowano nowy związek organiczny selenu, seleninotriglicerol o nazwie handlowej selol. Twórcą tej substancji jest Piotr Suchocki z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Selol to bezpieczna postać selenu organicznego, którego toksyczna dawka doustna LD₅₀ wynosi 100 mg/kg masy ciała. Selol posiada bogatą literaturę zarówno w zakresie badania struktury, jak i bardzo szeroko pojętych badań działania fizjologicznego i innych zastosowań aplikacyjnych [8, 9, 11].

Celem badania suplementacji mikroalg *Arthrospira* sp było uzyskanie materiału zawierającego mikroelementy takie jak selen(IV) i żelazo(II) w taki sposób, aby przyjmując porcję dzienną spiruliny (ca 3 g), można było uzyskać porcję dziennego pobrania selenu(IV) 55 µg i żelaza(II) – 1 ÷ 2 mg.

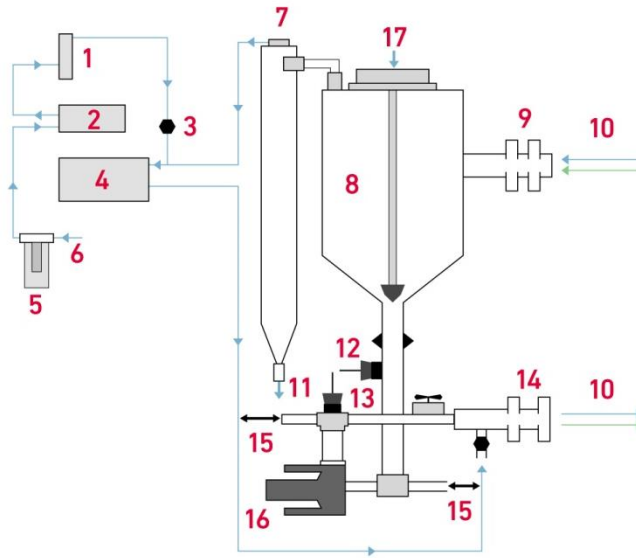
Materialy i metody

Materiałem wyjściowym do badania była spirulina hodowli własnej w fotobioreaktorze zbudowanym w kontenerze w Trąbkach Wielkich (woj. pomorskie) wyposażonym w wodę, prąd i wi-fi.

Badania realizowane były w eksperymentalnym fotobioreaktorze o pojemności 350 litrów, wyposażonym w pełną automatykę kontrolująco-sterującą. Schemat połączenia i funkcjonowania fotobioreaktora eksperymentalnego przedstawiono na rycinie 1.

Do wykonania fotobioreaktora (PBR) wykorzystano szklane orurowanie Gem Tube MK2-750 Twin Glass ze zbiornikiem firmy Astri Contenitori Industriali (Włó-

chy) o pojemności 138 litrów oraz pompy marki ALITA. Całość była sterowana przy pomocy programu komputerowego poprzez moduł podłączony do Internetu, co zapewniało stałe, w pełni kontrolowane warunki hodowli.



1. Przepływomierz powietrza / Air Flow Meter
2. Mała pompa powietrza / Small Air Pump
3. Filtr / Filter
4. Duża pompa powietrza / Large Air Pump
5. Filtr wlotu powietrza / Air Inlet Filter
6. Powietrze atmosferyczne / Ambient Air
7. Syfon / Water-trap
8. Zbiornik cyrkulacyjny / Circulation Tank
9. Połączenie kotnierzowe wylotowego modułu rurowego / Outlet Tubular Module Flange Connection
10. Przepływ dwufazowy / 2 Phase Flow
11. Gaz wentylacyjny / Ventilation Gas
12. Temperatura / Temperature
13. pH / pH
14. Połączenie kotnierzowe wlotowego modułu rurowego / Inlet Tubular Module Flange Connection
15. Wlot/wylot, np. zbiór kultury, zasilenie wodą/pożywką / In/outlet, e.g. Culture Harvest, Water/Medium Feed
16. Pompa cieczi / Liquid Pump
17. Zasilanie pożywką / Medium Feed

Rycina 1. Schemat podłączenia i funkcjonowania fotobioreaktora eksperymentalnego
Figure 1. The diagram of the connection and operation of the experimental photobioreactor

Cykl hodowlany trwał każdorazowo około 14 dni, a zbiory materiału przeznaczony do badań lub na surowiec do produkcji suplementu diety następowały, gdy rozwój hodowlany osiągnął pH 10,6 ÷ 10,8. Zgodnie z wytycznymi obowiązującymi przy hodowli spiruliny temperatura hodowli nigdy nie spadła poniżej 8 °C ani nie przekroczyła 45 °C. Po dokonaniu zbioru surowiec suszono przez cztery godziny w temperaturze 64 °C. Tak przygotowany surowiec gotowy był do dalszej obróbki w celu przygo-

towania suplementu diety. Algi hodowane były w warunkach sterylnych, w zamkniętym fotobioreaktorze, otwieranym jedynie podczas uruchamiania hodowli i w czasie zbiorów. Pomędzy cyklami hodowlanymi z wykorzystaniem określonych dawek odżywki fotobioreaktor był płukany w celu wyeliminowania możliwości nadmiernej absorpcji.

Otrzymany materiał został poddany badaniom tożsamościowym w Katedrze i Zakładzie Mikrobiologii Farmaceutycznej Wydziału Farmaceutycznego GUMed. Z badań wynika, że hodowana w fotobioreaktorze spirulina należy do gatunku cyjanobakterii jadalnych. Hodowla składa się z dwóch genotypów, z których jeden jest bliski genetycznie *Arthrospira platensis*, a drugi *Arthrospira maxima*. Dwa genotypy stanowiące hodowlę pozwalają na używanie nazwy *Arthrospirasp.* Mikroorganizm ten jest komercyjnie hodowany i sprzedawany pod nazwą handlową Spirulina. [13, 14].

Substraty

1. Substrat selenu – przygotowanie próbki aplikacyjnej. Odmierzano pipetą do zlewki 3,75cm³ selolu i mieszano go z 6,25 g gumy arabskiej. Następnie starannie miksowano mieszanę, dodając 62,5cm³ destylowanej wody, aż do uzyskania emulsji.

Skład próbki:

- selol – 3,75 cm³;
- guma arabska – 6,25 g;
- woda destylowana – 62,5 cm³.

Próbkę aplikowano strzykawką. Nadmiarowe ilości próbki przechowywanow lodówce, w naczyniu z ciemnego szkła. (Selol *in substanciam* jest cieczą oleistą, przeprowadzenie tej substancji w postać emulsji ułatwia proces mieszania i dostępność z odżywki, stanowiącej wypełnienie fotobioreaktora).

Tabela 1. Dawki siarczanu żelaza i naparu z zielonej herbaty stosowane w badaniu

Table 1. Doses of iron sulfate and green tea infusion used in the study

Siarczan żelaza II / Iron sulfate II [g]	Roztwór zielonej herbaty / Green tea solution [cm ³]
1,2	150
2,4	150
3,6	150
6,0	150
10	150
15	150
20	150
30	150

2. Substrat żelaza(II) – przygotowanie próbki aplikacyjnej. Siarczan żelaza w stopniu czystości chemicznej łączono zgodnie z własnymi doświadczeniami oraz instrukcją przedstawioną w dokumencie wypracowanym przez zespół szwajcarskich naukowców pod auspicjami Antenna Technologies [1] z naparem z zielonej herbaty (*Camellia sinensis*) w dawkach przedstawionych w tabeli 1 i jako całość aplikowano do fotobioreaktora. Takie połączenie powoduje lepszą rozpuszczalność żelaza.

Parametry pracy fotobioreaktora

Proces biotransformacji obserwowano przez 14 dni, utrzymując temperaturę cieczy fotobioreaktora w przedziale $8 \div 45$ °C oraz pH $10,6 \div 10,8$.

Monitoring suplementacji

Procesy suplementowania *Arthrospira* sp. selenem(IV) i żelazem(II) były monitorowane analitycznie przez akredytowane laboratorium Eurofins, nr akredytacji S-106, metodami technik: spektrometrii mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej LS-PP-CH-85 ICP-MS (selen) oraz spektrometrii emisji atomowej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą LS-PP-CH-2/20 ICP-OES (żelazo). Na każdym etapie suplementacji badano 3 próbki w dwóch powtórzeniach. Niepewność wyniku badania wyrażona jako niepewność rozszerzoną przy poziomie ufności około 95 % i współczynnika rozszerzenia $k = 2$ dla selenu wynosi ± 25 %, a dla pomiaru żelaza ± 20 %.

Pomiary aktywności przeciwutleniającej metodą ORAC zlecone zostały Katedrze Technologii Gastronomicznej i Żywności Funkcjonalnej na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Pomiary fluorescencji przeprowadzono za pomocą fluorymetru Hitachi F-2700 (Japonia) przy długości fal wzbudzenia 493 nm emisji 515 nm oraz szerokości obu szczelin 25 nm. Analizę wykonano w trzech powtórzeniach, obliczając końcowo średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe (SD) otrzymanych wyników. Zbadano 6 próbek materiału hodowlanego: surowca spiruliny a także materiałów suplementowanych selenem oraz żelazem.

Wyniki i dyskusja

We wstępnym procesie badań materiału hodowlanego została określona czystość mikrobiologiczna oraz zawartość metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych WWA.

Mikrobiologia

Badania mikrobiologiczne wysuszonej plechy zostały wykonane w laboratorium Eurofins. Badania prowadzono metodą hodowlaną bądź metodą płytkową zgodnie z normami PN-EN ISO. Przedmiotem badań były obecność: *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. w 25 g, *Listeria monocytogenes* a także zawartość drobnou-

strojów mezofilnych oraz pleśni i drożdży. Przeprowadzone badania potwierdzają, że materiał hodowlany nie był zanieczyszczony mikrobiologicznie [20], a ich przykładowe wyniki zawiera tabela 2.

Tabela 2. Wyniki przykładowych badań mikrobiologicznych

Table 2. Results of sample microbiological tests

Rodzaj zanieczyszczenia / Type of contamination	Metoda badania / Test method	Wynik badania / Test result
Liczba β-glukuronidazo-dodatnich <i>Escherichia coli</i> / Number of β-glucuronidase-positive <i>Escherichia coli</i>	PN-ISO16649-2:2004 Metoda płytkowa (posiew wgłębiowy) / Plate method (deep inoculation)	<10 jtk/g
Obecność gronkowców koagulazo-dodatnich / Presence of coagulase-positive staphylococci (<i>Staphylococcus aureus</i> i innych gatunków / and other species)	PN-EN ISO 6888-3:2004+AC:2005	Nieobecny / absent /g
Obecność / The presence of <i>Salmonella</i> spp.	PN-EN ISO 6579-1:2017-04 Metoda hodowlana z potwierdzeniem biochemicznym i serologicznym / Breeding method with biochemical and serological confirmation	Nieobecna / absent /25 g
Liczba / Number of <i>Listeria monocytogenes</i>	PN-EN ISO 11290-2:2017-07 Metoda płytkowa (posiew powierzchniowy) / surface inoculation	<10 jtk/g
Ogólna liczba drobnoustrojów w temp. / Total number of microorganisms at temp. 30°C	PN-EN ISO 4833-1:2013-12 Metoda płytkowa (posiew wgłębiowy) / Plate method (deep inoculation)	<10 jtk/g
Liczba drożdży i pleśni/ Yeast and mold count	3M TM Petrefilm TM Rapid Yeast and Mold Count Plates; Metoda płytkowa (petrifilm) / Plate method (petrifilm)	<10 jtk/g

Metale ciężkie

Najwyższe dopuszczalne poziomy dla rtęci, kadmu i ołowiu w suplementach diety z alg morskich wynoszą odpowiednio: 0,1 mg/kg, 1,0 mg/kg i 3,0 mg/kg [19]. Wyniki badań surowca hodowlanego przeprowadzonych w laboratorium Eurofins przedstawiono w tabeli 3. Materiał hodowlany spełnia wszelkie wymagania jakościowe pod względem zawartości metali ciężkich.

Tabela 3. Wyniki badań zawartości metali ciężkich w surowcu hodowlanym
Table 3. Test results for the content of heavy metals in breeding raw materials

Metale ciężkie / Heavy metals [µg/kg]	Próbka 1 / Sample 1	Próbka 2 / Sample 2	Próbka 3 / Sample 3
Rtęć / Hg	<0,01	<0,01	<0,01
Kadm / Cd	<0,1	<0,1	<0,1
Ołów / Pb	<0,3	<0,3	<0,3

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Najwyższe dopuszczalne poziomy WWA wynoszą 10,0 µg/kg w odniesieniu do benzo(a)pirenu oraz 50,0 µg/kg w odniesieniu do sumy benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu i chryzenu [21]. Wyniki badań pod kątem zawartości WWA przeprowadzone w laboratorium Eurofins na surowcu hodowlanym *Arthrospira* sp. stosowanym w badaniu wykazują, że ich dopuszczalne poziomy nie są przekraczane. Przedstawiono je w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki badań zawartości WWA w surowcu hodowlanym
Table 4. Results of tests for the content of PAHs in breeding raw materials

WWA [µg/kg]	Próbka 1 / Sample 1	Próbka 2 / Sample 2	Próbka 3 / Sample 3
Benzo(a)antracen / Benzo(a)anthracene	0,8	3,0	1,3
Benzo(a)piren / Benzo(a)pyrene	<0,5	0,8	0,5
Benzo(b)fluoranten / Benzo(b)fluoranthene	<0,5	1,1	0,6
Chryzen / Chrysene	2,3	3,9	1,8
Suma WWA / Total PAHs	3,1	8,8	4,2

Wyniki badań suplementacji spiruliny selenem i żelazem zamieszczono w tabelach 5 i 6.

Rzeczywistą wartość suplementów diety pod kątem ich przydatności przeciwutleniających można ocenić testem ORAC. Wyniki analizy parametru antyoksydacyjnego przedstawia tabela 7. Obliczenia wyników wykonano z użyciem równania regresji dla krzywej troloksu. Wyniki wyrażono w ekwiwalentach troloksu w mg/100 g próbek.

Przebieg badań nad suplementacją spiruliny selenem dowiódł, że *Arthrospira* znakomicie przyswaja ten mikroelement, warunkiem powodzenia jest jednak znalezienie odpowiedniej postaci odżywki. Do takich należy selol. Sporządzony podczas badań roztwór selolu, gumy arabskiej i wody destylowanej zapewnia stosunkowo szybką i nieskomplikowaną metodę przygotowywania surowca do wyrobu suplementu diety.

Suplementacja alg związkami nieorganicznymi, na przykład seleninem sodu, może prowadzić do wymarcia hodowli, ponieważ bardzo łatwo go przedawkować.

Tabela 5. Wyniki badań suplementacji selenem
Table 5. Results of selenium supplementation tests

Ilość płynu do aplikacji/ Application liquid amount [cm ³]	Absorpcja selenu w porcji dziennej 3 g / Selenium absorption in a daily dose of 3 g [μg]			Średnia wartość absorpcji / Average absorption value	Wariancja / Variance	Odchylenie standardowe / Standard deviation
	Próbka nr 1 / Sample no. 1	Próbka nr 2 / Sample no. 2	Próbka nr 3 / Sample no. 3			
10	11,1	8,7	8,4	9,4000	1,4600	1,2083
20	14,1	14,1	18,0	15,4000	3,3800	1,8385
30	19,2	22,8	25,5	22,5000	6,6600	2,5807
50	39,6	49,2	43,8	44,2000	15,4400	3,9294
60	62,1	40,5	52,5	51,7000	78,0800	8,8363
75	57,6	60,3	55,2	57,7000	4,3400	2,0833

Tabela 6. Wyniki badań suplementacji siarczanem żelaza
Table 6. Results of iron sulfate supplementation tests

Pożywka siarczanu żelaza / Iron sulfate medium [g]	Absorpcja żelaza w porcji dziennej 3 g / Iron absorption in a daily dose of 3 g [mg]			Średnia wartość absorpcji / Average absorption value	Wariancja / Variance	Odchylenie standardowe / Standard deviation
	Próbka 1 / Sample 1	Próbka 2 / Sample 2	Próbka 3 / Sample 3			
1,2	1,05	1,11	1,64	1,2667	0,0703	0,2651
2,4	1,29	1,34	1,41	1,3467	0,0024	0,0492
3,6	1,58	1,74	1,75	1,6900	0,0061	0,0779
6,0	1,60	1,51	1,62	1,5767	0,0023	0,0478
10,0	1,87	1,70	1,86	1,8100	0,0061	0,0779
15,0	1,70	1,65	1,70	1,6833	0,0006	0,0236
20,0	2,22	1,76	1,91	1,9633	0,0367	0,1915
30,0	10,26	3,21	11,07	8,1800	12,4598	3,5298

Tabela 7. Badania ORAC-FL

Table 7. ORAC-FL studies

Nazwa próbki / Sample name	Aktywność przeciwutleniająca / Antioxidant activity [mg trolox/100 g próbki / sample]	
	Średnia / Mean	Odchylenie standardowe / standard deviation
Spirulina próbka 1 / sample 1	5164,47	81,00
Spirulina próbka 2/ sample 2	5428,81	52,98
Spirulina próbka 3/ sample 3	5185,32	71,76
Spirulina próbka 4/ sample 4	5163,92	103,85
Spirulina próbka 5/ sample 5	5181,20	63,50
Spirulina próbka 6/ sample 6	4843,56	108,64

Spirulina sama z siebie nie zawiera znaczących ilości selenu. Zaledwie ok 1 mg/kg. Jeśli więc ma powstać suplement diety dostarczający łatwo przyswajalny selen organiczny, należy dostarczyć pierwiastek do materiału hodowlanego. Okazało się to dość nieskomplikowane, a krzywa wysycenia – przewidywalna. Jedyne, o czym należy pamiętać, to aby kontrolować wprowadzany do fotobioreaktora substrat już na etapie jego przygotowania. Selen to mikroelement niezbędny dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, występujący przede wszystkim w glebie i dostarczany z żywnością, jednak dziesiątki lat sztucznego nawożenia, kryzys klimatyczny i rabunkowa gospodarka doprowadziły do jego znacznych deficytów w populacji. Człowiek nie jest w stanie zapewnić sobie odpowiedniej ilości selenu, bazując wyłącznie na codziennej diecie [21]. Jako że selen bierze udział w produkcji aminokwasów – selenocysteiny i selenometininy – wpływa on na odporność człowieka, a przewlekły niedobór tego pierwiastka może doprowadzić do zaburzeń wydzielania hormonów tarczycy, dereguluje pracę układu krążenia, promuje rozwój cukrzycy, nowotworów, astmy oskrzelowej oraz chorób o podłożu autoimmunologicznym [10].

Opracowana metoda suplementacji selenem jest zatem optymalnym i efektywnym sposobem na nowatorski suplement diety, pozwalający utrzymać właściwy poziom selenu w organizmie. Zwłaszcza że sprzyja temu spirulina, która sama w sobie jest bogata w mikroelementy (żelazo, magnez, potas, cynk) i witaminy (z grupy B, A, C i E) oraz chlorofil, luteinę, zeaksantyny, C-fikocyjaniny, a także łatwo przyswajalne białko [5].

Szczególnie żelazo zawarte w spirulinie okazuje się łatwo absorbowalne przez ludzki organizm [12, 15], wiadomo zaś, że bez żelaza organizm ludzki nie mógłby wytwarzać hemoglobiny, mięśni, szpiku kostnego, ferrytyny, hemosydeiny, osocza i białek krwi. Niedobór żelaza powoduje niedokrwistość, złe samopoczucie, uczucie zmęczenia, ból i zawroty głowy czy ból stawów, duszność, tachykardię, uczucie kołatania serca, a nawet zaburzenia świadomości [6, 17].

Tu wypada wspomnieć, że dzięki spirulinie przyswajanie żelaza jest ponad dwukrotnie większe niż wchłanianie go z mięsa czy nawet powszechnie stosowanych suplementów diety. Dzieje się tak prawdopodobnie dlatego, że pierwiastek ten wchodzi w kompleks z fikocyjaniną [5].

Do badań nad suplementacją żelazem przystąpiono dopiero po wstępnym określeniu zawartości żelaza w pierwotnym materiale hodowlanym, ponieważ spirulina sama w sobie zawiera pewne ilości żelaza, mogące różnić się zasadniczo ze względu na pochodzenie materiału hodowlanego. Należy bowiem pamiętać, aby pozostawić odpowiednią ilość czystego materiału hodowlanego celem zapewnienia powtarzalności wyników.

Na etapie badawczym siarczan żelaza jako odżywka dla spiruliny okazał się związkiem dość trudnym. Kolejne podwajanie dawki przy niskich wartościach długo nie przynosiło efektów. W zakresie stężeń od 1,2 do 20,0 g siarczanu żelaza przyrost absorpcji postępował powoli, za co odpowiadać może błonowy mechanizm adsorpcyjny. Dopiero drastyczne podniesienie stężenia z 20,0 do 30,0 g siarczanu żelaza przyniosło znaczący wzrost wysycenia materiału hodowlanego żelazem. Niewykluczone, że odpowiedzialny jest za to mechanizm komórkowy wspomagany transportem jonowym. To jednak wymaga dalszych badań.

Wnioski

1. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że spirulina–Fe(II) oraz spirulina–Se(IV) wykazują znaczny potencjał antyoksydacyjny, co może czynić je przydatnymi surowcami do produkcji suplementów diety i żywności funkcjonalnej.
2. Wykazano, że mikroalgi wyhodowane metodą suplementacji zastosowaną w badaniu zawierają średnio 57,7 µg selenu w porcji dziennej 3 g. W przypadku żelaza, jego zawartość w surowcu wynosiła do 11,7 mg w 3 g.
3. Surowiec uzyskany w wyniku badania spełnia wszystkie wymagane prawem normy jakościowe w zakresie zawartości metali ciężkich i WWA oraz czystości mikrobiologicznej.
4. Suplementy diety i żywność funkcjonalna uzyskane metodami użytymi w badaniu mogą mieć znaczenie w suplementowaniu ważnymi mikroelementami Fe(II) i Se(IV), a jednocześnie mogą być zastosowane do uzupełnienia diety cennymi składnikami *Arthrospira* sp., której ORAC jest istotny.

Badania zostały sfinansowane przez firmę A-Z Medica Sp. z o.o. oraz dofinansowane ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Pomorskiego 2014–2020 w ramach projektu pt. „Opracowanie nowej technologii hodowli mikroalg z suplementacją mikroelementami i witaminami”. Firma A-Z Medica Sp. z o.o. uzyskała od Urzędu Patentowego RP patent dotyczący wykorzystanej w badaniu metody su-

plementacji spiruliny selenem na wynalazek pt. „Sposób otrzymywania wzbogaconej spiruliny oraz jej kompozycja”.

Literatura

- [1] Antenna Technologies: A teaching module for the production of spirulina, 1999.
- [2] Belay A., Yoshimichi O., Miyakawa K., Shimamatsu H.: Current knowledge on potential health benefits of Spirulina. *J. Appl. Phycol.*, 1993, 5, 235-241.
- [3] Capelli B., Cysewski G.R.: Potential health benefits of spirulina microalgae*. *Nutrafoods*, 2010, 9, 19-26.
- [4] Dejneka W., Sworczak K., Obłończak L., Łukasiak J.: Klasyfikacja schorzeń tarczycy na podstawie stężenia selenu w surowicy krwi. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 2007, 58, 3, 563-567.
- [5] Gumiela E., Szulińska M., Bogdański P.: Wpływ suplementacji spiruliny na wybrane parametry antropometryczne i biochemiczne. *Forum Zaburzeń Metabolicznych*, 2013, 4 (4), 199-209.
- [6] Hegde N, Rich MW, Gayomali C.: The Cardiomyopathy of Iron Deficiency. *Tex.Heart Inst. J.*, 2006, 33(3), 340-344.
- [7] Jakubasik P., Korcz J., Kłoczko B.: Selen – właściwości, nadmiar, niedobór, źródła pierwiastka w diecie. Dostęp w Internecie [11.10.2023]: <https://zywienie.abczdrowie.pl/selen-w-organizmie>.
- [8] Jastrzębski Z., Czyżewska-Szafran H., Fijatek Z., Suchocki P., Fitak B.A.: Toxicity studies of a new selenium compound, Selol, in rats. *Drugs Exp. Clin. Res.*, 1995, 21, 217-220.
- [9] Jastrzębski Z., Czyżewska-Szafran H., Remiszewska M., Fijałek Z., Fitak B.A., Suchocki P.: Pharmacokinetics of selol, a new agent containing selenium, in rats. *DrugsExp.Clin. Res.*, 1997, 23, 7-11.
- [10] Klecha B., Bukowska B.: Selen w organizmie człowieka – charakterystyka i potencjalne zastosowanie pierwiastka. *Brom.Chem.Toksykol.*, XLIX, 2016, 818-829.
- [11] Książek I., Sitarz K., Anuszevska E., Dudkiewicz-Wilczyńska J., Rolson M., Koronkiewicz M., Suchocki P.: Toxicity studies of Selol – anorganic selenium (iv) compound – in vitro research. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 2014, 6(5), 264-269.
- [12] Marlina D., Nurhayati F.: The effectiveness of spirulina compared with iron supplement on anemia among pregnant women in Indonesia. *Int. J.CaringSci.*, 2020, 13, 1783-1787.
- [13] Miklaszewska M., Waleron M., Waleron K.: Biotechnologiczny potencjał cyjanobakterii z rodzaju *Arthrospira*. *Biotechnologia*, 2008, 3(82), 119-142.
- [14] Miklaszewska M., Waleron M., Waleron K.: Charakterystyka jadalnej cyjanobakterii z rodzaju *Arthrospira*. *Biotechnologia*, 2008, 3 (82), 103-118.
- [15] Moradi S, Foshati S, Poorbaferani F, Talebi S, Bagheri R, Amirian P, Parvizi F, Nordvall M, Wong A, Zobeiri M.: The effects of spirulina supplementation on serum iron and ferritin, anemia parameters, and fecal occult blood in adults with ulcerative colitis: A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Clin.Nutr. ESPEN*. 2023, 57, 755-763.
- [16] Pappas A., Tsiokanos A., Fatouros I.G., Poullos A., Kouretas D., Goutzourelas N., Giakas G., Jamurtas A.Z.: The Effects of Spirulina Supplementation on Redox Status and Performance Following a Muscle Damaging Protocol. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, 22, #3559.
- [17] Portugal-Nunes C, Castanho TC, Amorim L, Moreira PS, Mariz J, Marques F, Sousa N, Santos NC, Palha JA. Iron Status is Associated with Mood, Cognition, and Functional Ability in Older Adults: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 2020, 23, 12(11), #3594.
- [18] Ratajczak M., Gietka-Czernel M.: Rola selenu w organizmie człowieka. *Post N Med*, 2016, XXIX(12), 929-933.

- [19] Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006.
- [20] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1441/2007 z dnia 5 grudnia 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych.
- [21] Shreenath AP, Hashmi MF, Dooley J.: Selenium Deficiency. 2023 Oct 29. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. PMID,#29489289.
- [22] Świątkowska-Stodulska R., Dejneka W., Jabłońska-Kaszewska I., Łukasiak J., Kizskis H., Wiśniewski P., Łubińska M., Sworczak K.: Serum selenium concentration in patients with Wilson's disease. *Hepato-Gastroenterology*, 2007, 54 (78), 1788-1790.

PREPARATION OF IRON(II) AND SELENIUM(IV) DIETARY SUPPLEMENTS BY THEIR BIOTRANSFORMATION IN *ARTHROSPIRA* SP.

S u m m a r y

Background. The aim of the research was to develop a new method of growing *Arthrospira* sp. under closed conditions so that the resulting microalgae would be free of microbial contamination, heavy metal contamination and PAHs, while containing additional nutrients (iron and selenium). The project included industrial research, development work and patent applications for the results obtained. The industrial research consisted of experimental cultivation of spirulina and phycocyanin extraction under laboratory conditions, and research on the antioxidant ORAC parameter.

Results and conclusions. The raw material obtained from the study meets all quality standards required by law in terms of heavy metal and PAH, as well as microbiological purity. It was shown that microalgae grown using the supplementation method contain on average 57.7 µg of selenium in a daily serving of 3 g. The iron content in the raw material was up to 11.7 mg in 3 g. Moreover, a significant ORAC factor was recorded. Based on the results, it can be concluded that spirulina-Fe(II) and spirulina-Se(IV) show significant antioxidant potential and are useful raw materials for the production of dietary supplements and functional food. Dietary supplements and functional food produced using the methods employed in the study may not only be important in supplementing with micronutrients Fe(II) and Se(IV), but can also be used to supplement the diet with the valuable ingredients of *Arthrospira* sp.

Keywords: spirulina, photobioreactor, selenium, iron, supplementation ☒

TETIANA YAVORSKA, OKSANA KOSTYUK, MYKOLA KOSTIUK,
SERGIY TSVILIIY, VIKTORIIA OGLOBLINA

THE DETERMINANTS OF NEUTRALIZING THE INFLUENCE OF THE PRODUCTION RISKS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES ON THE COMPETITIVENESS OF THE PROCESSING INDUSTRY

Streszczenie

Background. The article explores the impact of production risks in agricultural enterprises on the competitiveness of the processing industry, considering information asymmetry in an unpredictable environment. The paper identifies key production-stimulating elements crucial for the processing industry competitiveness using the theory of value. Economic ties between agricultural enterprises and processing industry subjects aim to integrate production and technological cycles for enhanced competitiveness. The article characterizes quasi-crisis pressures in the processing industry, providing indicators for economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects. The paper analyzes Ukraine's grain, oil and animal-origin raw material production for the processing industry and assesses the country's processing industry competitiveness crisis level. The financial processes of meat-processing agricultural holdings in Ukrainian regions, excluding occupied territories, were studied, considering private foreign investments in the pre-war and war period.

Results and conclusions. In summary, the methods employed in this research encompass a combination of an economic analysis, risk management techniques, a theoretical synthesis, diagnostic tools, a stakeholder analysis and a resource system analysis. These methods would be tailored to address the specific challenges faced by the agricultural and processing industry. Changes in the competitiveness crisis level of meat-processing agroholdings were calculated, taking into account the production and technological cycle. The article concludes with anti-crisis scenarios for cross-industry interaction to neutralize competitiveness crisis factors.

*Dr T. Yavorska ORCID: 0000-0002-6070-7425 , Department of Economics and Business, Dmytro Motomyi Tavsia State Agrotechnological University 69063, 66 Zhukovskoho Str., Zaporizhzhia, Ukraine; dr O. Kostyuk, ORCID: 0000-0003-4924-5140 Department of Accounting and Taxation, Bila Tserkva National Agrarian University 09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine; Dr M. Kostiuk, ORCID: 0000-0001-6356-1719 Department of Economics and Business, Dmytro Motomyi Tavsia State Agrotechnological University 69063, 66 Zhukovskoho Str., Zaporizhzhia, Ukraine; dr S. Tsviliy, ORCID: 0000-0002-1720-6238 Department of Tourism, Hotel and Restaurant Business National University "Zaporizhzhia Polytechnic" 69063, 64 Zhukovskoho Str., Zaporizhzhia, Ukraine; dr V. Ogloblina, ORCID: 0000-0001-6627-0255 Department of Information Economics, Entrepreneurship and Finance, Engineering Institute of Zaporizhzhia National University 69006, 226 Soborny Ave., Zaporizhzhia, Ukraine.
Kontakt: email: tetiana_yavorska@sci-univ.com*

Keywords: crisis management, economic relations, inter-sectoral interaction, processing industry competitiveness, production risks

Introduction

The competitiveness of the processing industry of any country is determined by the ability of agricultural enterprises to expand the volume of raw materials with constant destructive fluctuations in production risks, which ensure the dying of outdated forms and methods of management, but at the same time destroy the viability of a coherent system of economic relations between market participants. The risk is particularly vulnerable to the integral associations of agricultural enterprises and processing enterprises, as the impact of cyclic macroeconomic fluctuations leads to the crisis of the economic genesis of the agro-industrial complex.

Accordingly, the cumulative influence of factors of macro- and micro-environment increases the destructiveness of agricultural production, which requires the management of the determining influence of production risks of agricultural enterprises on the competitiveness of the processing industry in a holistic system of economic relations between enterprises. The deterministic process of managing the risk of agricultural enterprises and their association with the processing industry into a coherent system of economic relations is a primary task of the state that regulates the internal strategy of competitiveness, as well as risks in the integration system of the macro-environment. Unfortunately, this trend cannot be accurately predicted and reliably evaluated even in the presence of a large array of indicators and tools for diagnosing economic development.

At the same time, the toolkit for diagnosing the functioning of agricultural producers in the integrated system of economic relations with processing industry enterprises does not determine the levers of their sustainable development in the conditions of the uncertainty of a competitive environment and does not take into account the complexity of the insurance scenario. The insurance of production risks of indirect action which levels the competitive advantages of the development of agricultural enterprises, both at the state and local levels, does not protect the economic interests of processing industry enterprises, and also requires the use of insurance functions and risk management principles. The application of this practice in the presence of an appropriate theoretical and methodological base, adapted to the realities of the economic activity of agricultural enterprises and their unification into an integral system of economic relations with enterprises of the processing industry, can have a double benefit both for integrated enterprises and for their stakeholders – both from the point of view of managing emerging risks in their economic system, and in the potential of their re-

source system, the formation of a sufficient amount of resource provision, the level of profitability and economic growth.

Considerable attention has been paid to the cyclical competitive environment on the foundations of risk management, where the category of “risk” is studied mostly at the macro-economic level [1, 8, 9, 10, 19]. The study on the factors behind the vital activity of biological systems, which are the source of agricultural products and determine the probability of traditional business risks, common to all agro-industrial sectors of the economy, was made by Lorant and Farkas [15], Martynova [16], Nitsenko and Havrysh [18]. The theoretical foundations of the essence and importance of insurance as a tool to reduce the risks of production and a definition of probabilistic magnitude of losses received much attention of such researchers as: Trusova et al. [26].

The priority of our research is the development of anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants, which minimize the impact of the production risks of agricultural enterprises, change the indicators of production and technological cycle and neutralize the crisis level of competitiveness of the processing industry.

Literature review

The development of economic relations in the chains of interaction of agricultural enterprises and subjects of the processing industry is aimed at the integration of the processes of production and technological cycles, which ensure the potential of their functioning and competitiveness. According to the concept of the theory of value, the value of the stimulating elements of production in ensuring the competitiveness of processing industry entities is distributed in the form of the following elements [12, 14]: income on invested capital (the share of profit distributed to owners, the state, accumulation and consumption funds, to depreciation, to the income of a land owner); in terms of the income of employees; in the part of income transferred to social needs, to indirect taxes as part of the market price.

At the same time, the methodological basis for ensuring the model of competitiveness of processing industry subjects is the calculation of additional value in the supply chain of agricultural raw materials to increase the volume of processing [13]. The added value calculation combines the “Input-Output” indicators in the flow of bilateral mutual benefits between agricultural enterprises and processing industry subjects. The creation of intersectoral supply chains of agricultural raw materials and their processing is determined at the country level in the process of the division of labor, which can be estimated based on the indicator of the share of intermediate imports in exports, which is usually higher for an open system of economic relations [7].

The methodology for calculating added value in the supply chain of agricultural raw materials to increase the amount of processing allocates a system of indicators: the

indicators of the participation of processing industry subjects in global value chains; the indicators of the gradual integration of agricultural enterprises into the chain system of processing industry entities; the indicators of reverse integration; the indicators of the origin of the added value of processing industry entities in gross exports and in final demand; the indicators of added value in domestic exports [17].

The interested participants of intersectoral integration are aimed at the formation of an integrated system of economic relations that neutralize production risks based on a set of interacting components that have a multifactorial impact on the competitiveness of the processing industry, in particular [12, 14]: the neutralization of the risks of the competitiveness of services for the supply of agricultural raw materials in accordance with the assessment criteria (price, quality, cost), the neutralization of risks in resource potential (technology, finance, information, personnel), the neutralization of risks of after-sales service, the neutralization of risks of the competitiveness of organizational potential (organizational structure, the organizational joint interaction of interested parties, the organizational form of management, functional structure), the neutralization of risks of the competitiveness of communication relations (with suppliers, investors, consumers, contact objects), the neutralization of risks of the competitiveness of the management system (management mechanism, a stage of management, the ability to form and use opportunities, predict the rhythm and timely respond to changes, development and provision management subsystems and the strategic direction of management).

The deterministic impact of production risks of agricultural enterprises on the competitiveness of the processing industry generates a high dynamic of information asymmetry, which actualizes the problems of a complete system of economic relations between subjects in the event of unpredictable changes in the set of factors of an external environment. This makes it possible to identify the causes that lead to crisis phenomena, and, accordingly, to the need to implement anti-crisis measures in the processing industry with the aim of leveling conflicts in the branches and sub-branches of the agro-industrial complex (the absence of or poor-quality strategy and tactics of actions regarding unfair competition, which leads to the unpredictability of the situation as part of anti-crisis risk management), with the aim of clearing the market of weak competitors and developing a stable food system in the country [4, 29]. The impossibility of making a prompt evaluation of the alternative scenarios of the deterministic impact of production risks of agricultural enterprises on the competitiveness of processing industry enterprises limits the acceleration of economic processes and connections between them in accordance with the established rules and norms of regulation of a stable production and technological cycle [5, 7].

The need to develop an integrated economic system of relations between subjects, based on mutually agreed and complementary principles, covers a wide range of regu-

latory instruments to influence the sectors and sub-sectors of the agro-food sector, and especially the processing industry. This requires a radical revision of approaches to the transformation of the methodology of establishing the standards of the competitiveness of large processing enterprises under the determining influence of production risks of agrarian business entities, oriented to a hierarchical agreement between the target orientations of the development of agriculture and their integration into the mechanism of strategic, medium-term and indicative planning of the processing industry [16, 18, 32].

This increases the uncertainty of future conditions, causes the probability of a crisis at various levels of the system of economic relations, which objectively requires a change in the principles of anti-crisis management both at the level of enterprises and at the level of regions and the country in general [9, 11]. Many export-oriented agricultural and processing enterprises are experiencing an economic downturn, with the slightest changes in world commodity markets. In order to ensure a dynamic balance, that is, minor changes in the parameters of the system of economic relations between agricultural enterprises and subjects of the processing industry, as a result of the interaction of factors-threats of external pressure; it is necessary to quickly mobilize internal factors to neutralize production risks [16].

Threats that in a competitive environment exert quasi-crisis pressure on the parameters of the system of economic relations between agricultural enterprises and subjects of the processing industry at the level of the agro-food sector of the economy are divided into three blocks according to the nature of competition [22]: 1) financial capital; 2) intellectual capital; 3) rating positions in the system of profit redistribution in the agricultural market (Figure 1).

Human resources, financial and intellectual capital are mobile resources of the processing industry. Blocking their entry by competitors means creating conditions that significantly affect the redistribution of the flow of capital and labor in favor of processing industry entities (preferential taxation of foreign direct investments (FDI), special programs for attracting highly qualified workers). If competitors eliminate such measures, then the redistribution of a part of resources goes to other branches of the agro-industrial sector of the economy [29].

In order to counteract the anti-crisis pressure in the production activity of agricultural enterprises, as suppliers of agricultural raw materials for the processing industry, they single out their urgent needs for raw materials, which are included in variable costs in production and technological cycles. At the same time, to ensure resource needs for agricultural enterprises, the concept of restrictions applies, which also imposes certain restrictions on the state of the operation of the technological cycle of processing industry subjects. This determines their ability to compete in an environment of

restrictions among other subjects of the agro-food sector of the economy and to meet current and future needs [11, 31].

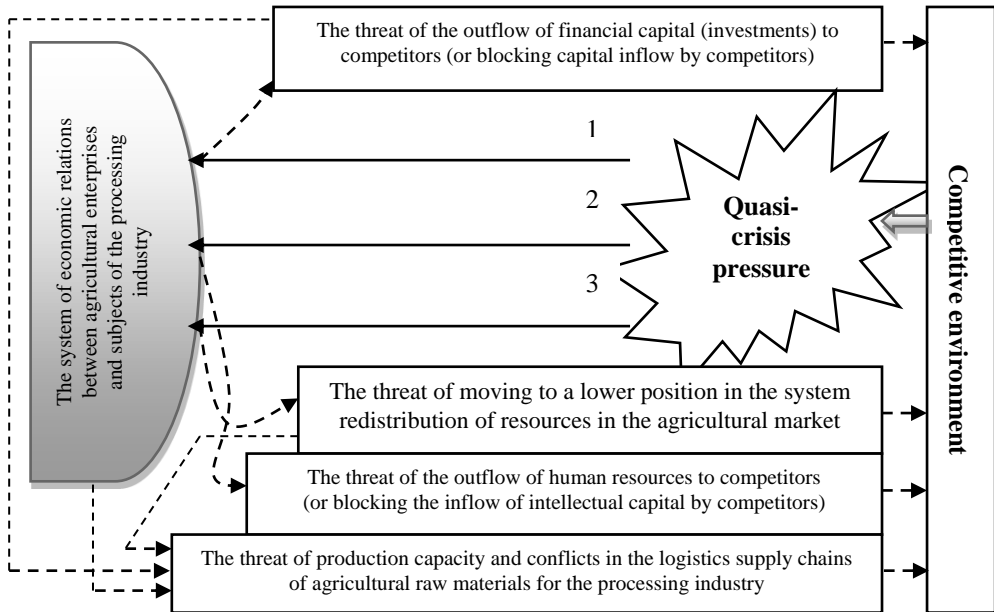


Figure 1. Quasi-crisis pressure in a competitive environment of the processing industry
 Rycina 1. Presja quasi-kryzysowa w konkurencyjnym otoczeniu przemysłu przetwórczego
 Explanatory notes / Objasnienia:

Source: developed by the authors / Źródło: opracowanie własne.

The concept of restrictions in countering the quasi-crisis pressure partially alleviates the limitation of resources (including natural ones) that enter the system of economic relations between processing industry subjects and agricultural enterprises, which have full rights to agricultural land due to the regulation of legal norms and use natural resources due to internal sources [23]. Therefore, in order to prevent the development of crises associated with the lack of natural resources for the full production cycle by agricultural enterprises, it is necessary to take into account possible threats created by a competitive environment (the production capacity and technological cycle of the processing industry depend on the volume of agricultural production). Thus, quasi-crisis pressure combines an approach to competition as competition for a ranking position in the redistribution of resources between agricultural enterprises and processing industry subjects, as well as from the management of the development of the system of economic connections between them, from the standpoint of preventing risk phenomena.

The competitive environment in the agro-food sector of the economy dialectically affects the frequency and severity of risk phenomena in the system of economic relations. This impact is due to [20, 21]: 1) the strengthening of the “chain effect” of risk (due to the strengthening of the interconnection between individual elements); 2) the emergence and development of a system of economic relations of the highest rank – the national economy, for which risks are an objectively determined stage of evolutionary development; 3) increased quasi-crisis pressure (as a result of changes in competition under the influence of global challenges in the world). In addition, the constant threat of reducing the resources necessary for the functioning of the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects brings to the fore the long-term (strategic) horizon of production risk management, focused on ensuring the minimum amount of resources to counteract the constant quasi-crisis pressure.

Materials and methods

The study relies on a multidimensional approach to the analysis of the agro-food sector in Ukraine. This approach is represented by a combination of qualitative and quantitative methods for data collection, analysis and interpretation to enhance the transparency and credibility of this research. The study analyzes the impact of the competitive environment in the agro-food sector of the economy and implications for risk management. The analysis involves applying theoretical concepts, such as the theory of competition based on resource advantages (R-A theory), the dynamic standard method and various mathematical models to understand the dynamics of economic relations, resource allocation and competitiveness within the sector.

Given the above, data on various aspects of the agro-food sector in Ukraine, including production levels, consumption patterns, market trends and trade dynamics, was collected from multiple sources (academic literature, data provided by State Statistics Service, government reports or online industry databases). The study incorporates economic indicators, such as the share of the manufacturing industry in GDP and the consumer price index for processed products. This broadens the analysis to include economic implications and the financial component of competitiveness. The study covers a significant time span (2000 ÷ 2023), allowing for a longitudinal analysis of trends. This long-term perspective is crucial for understanding the impact of crises on various parameters, such as per capita consumption, production volumes and export dynamics.

Based on the analysis, the study interprets the findings to draw conclusions about the state of the agro-food sector in Ukraine. This involves explaining the trends observed, evaluating the implications of crisis phenomena for production and consumption patterns, and assessing the industry processing competitiveness. Furthermore, the interpretation of the findings allows for forecasting future trends and assessing the im-

part of different scenarios in the agro-food sector in Ukraine. Based on quantitative modeling techniques, the authors designed the anti-crisis scenarios of cross-industry interaction of meat-processing agro-holdings in Ukraine for 2024 ÷ 2026.

Within the framework of R-A theory [6], it is possible to create new anti-risk measures that ensure high financial results, both for agricultural enterprises and for processing industry subjects without benefits for the redistribution of resources on the agricultural market. With the help of such an approach, it is possible to substantiate the need for anti-crisis measures, as a permanent comprehensive response to crisis phenomena and the factors that cause them. The R-A theory in the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects is a set of ranked positions $\alpha, \beta, \gamma \dots \omega$, each of which is characterized by its own set of aggregate resources, consumers, intermediaries, financial, information and other institutions. In general, the R-A theory determines the share of total resources (including financial income) that can be obtained by both agricultural enterprises and processing industry entities operating in a certain area of the agricultural market [6].

Achieving an advantageous position in a competitive environment, the system of economic relations between processing industry subjects and agricultural enterprises during the redistribution of resources (positions $\alpha, \beta, \gamma \dots \omega$) provides conditions under which competitors lagging behind the leader cease their activities. In addition, they occupy an unfavorable position in the system (for example, δ or ω) or participate in competition for a position of higher rank (for example, α) or compete with other competitors for holding positions. The introduction of a discrete set of ranked positions in the system of economic relations between processing industry subjects and agricultural enterprises simplifies the determination of the competitive position using the method of comparison with other competitors or a standard [6].

It is advisable to introduce the competitive space of the system of economic relations between processing industry subjects and agricultural enterprises at each point where there can only be a united enterprise (agroholding). However, such an approximation can be modeled as a set of ranked positions (for example, a position allows a company to gain greater access to resources). Accordingly, competition between joint enterprises (agroholdings) can be defined as competition for a share in resources that are redistributed through a system of economic ties between processing industry subjects and agricultural enterprises of a higher rank. Thus, competition between joint enterprises (agroholdings) is competition for a share in resources (monetary, material, human ones), which are redistributed through the respective agricultural markets of a country or through world markets. Individual agricultural enterprises and processing industry subjects, which do not function in an integrated system of economic relations, have fewer resources than are necessary to counter the quasi-crisis pressure.

In this case, production risks arise constantly, in hyper competition, which is a multi-system structure with a geographical gap in the logistic chains of product promotion [4]. If we translate the multi-system economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects into the plane of competitiveness risk neutralization according to the terms of its occurrence and rating $\alpha, \beta, \gamma \dots \omega$, then this will mean that the rating of each united enterprise (agroholding) is determined by a set of critical state of competitiveness lower order (coordinate). Thus, competitive space becomes multidimensional, which complicates the set of trajectories along which the competitive positions in the ranking change [6, 9].

All this determines the importance of assessing the effectiveness of anti-risk actions in the agro-industrial sector of the economy, which are regulated by the state and which counteract the quasi-crisis pressure in the current and future periods. To assess such compliance, the methodological approach called the “dynamic standard method” [16] is the most suitable, which allows the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects to develop ideally. The real trajectory of system development may be similar to the ideal one.

Accordingly, the effectiveness of a strategy chosen for the development of the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects is evaluated by the degree of similarity: the closer the development of the system is to the ideal trajectory, the higher the effectiveness of the strategy, and vice versa. To assess the trajectory of the strategic development of the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects and to prevent risky events in a competitive environment, it is advisable to use five indicators (Table 1).

The quantitative value of the correspondence of the development of the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects, from the standpoint of the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants in a competitive environment, is calculated as the normalized degree of similarity between the matrices S :

$$S = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m |F_{ij} - N_{ij}|}{2 \times R} \right) \times 100 \quad (1)$$

where F_{ij}, N_{ij} – the elements of the actual and reference matrices, respectively; m – the total number of indicators selected for evaluation; R – the number of elements of the reference matrix, the value of which is non-zero.

Table 1. The indicators of the development of the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects from the standpoint of anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants in a competitive environment

Tabela 1. Wskaźniki rozwoju systemu powiązań gospodarczych przedsiębiorstw rolnych z podmiotami przemysłu przetwórczego z punktu widzenia antykrzysowych scenariuszy interakcji międzysektorowych uczestników rynku rolnego w otoczeniu konkurencyjnym

Indicator	Indicator	Correlation	Interpretation of ratios of the indicators
1	Export of products (X_1)	$D(X_1) \geq D(X_2)$	The share of agricultural enterprises and processing industry subjects increases during the redistribution of resources in the agricultural market.
2	GDP, (X_2)	$D(X_2) \geq D(X_3)$	An increase in the productivity of the use of the production cycle of agricultural enterprises and the production capacities of processing industry subjects in the presence of aggregate human capital and financial resources.
3	Capital Investments, (X_3)	$D(X_3) \geq D(X_4)$	An increase in human capital, an increase in the amount of financial resources involved, which are directed to the expansion of the production and technological cycle.
4	The amount of FDI, (X_4)	$D(X_4) \geq 1$	Agricultural enterprises and processing industry subjects in an integral system of economic relations attract more financial resources from the world market
5	The share of the economically active population that is involved in the production and technological cycle of the combined enterprises of the processing industry, (X_5)	$D(X_5) \geq 1$	The growth of employment and an increase in human capital in the combined enterprises of the processing industry.

Explanatory notes / objaśnienia: $D(X_i)$ – the growth rates of indicators, % compared to the previous period / $D(X_i)$ – stopy wzrostu wskaźników, % w stosunku do poprzedniego okresu

Source: developed by the authors / Źródło: opracowanie własne.

If, $S = 100\%$, then the development of the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects (the system of the national agro-food sector of the economy or the system of another rank) corresponds to the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants in a competitive environment. In another case ($S = 0\%$), the dynamics of the system do not fully correspond to the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants in a competitive environment.

A combined methodical approach to the implementation of the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants is proposed in order to determine the optimal parameters of an open three-sector model, which takes into account the sufficiency of resources in the system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects in a competitive environment. The insufficient development of this system is one of the determining factors of the risk of the competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry, under the influence of quasi-crisis pressure. As demonstrated in this model, from the point of view of the sectoral development of agricultural enterprises and processing industry subjects, the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants are divided into: material (zero) – production (agricultural raw materials, semi-finished products, other consumables in the production process); fund-forming (first) – the production of fixed assets (buildings, structures, machines, equipment, energy devices, other industrial investment resources); consumer (second) – the production of consumer goods. In this case, the technological component of the competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry is considered invariant with the help of linear homogeneous neo-classical functions (subsystems) [20, 28]:

$$X_i = F_i(K_i, L_i), i = 0, 1, 2 \quad (2)$$

where X_i , K_i , L_i – is the volume of production at market prices, physical capital and the number of employed people in the i -th united enterprise (agroholding) of the processing industry.

Since we took similar functions as the basic parameters of the model (1) [20], we must assume that time changes continuously, the investment lag is zero, and the depreciation coefficients of fixed capital in the processing industry are growing. The employment rate of economically active population in the processing industry is a constant value. In addition, we assumed that depreciation coefficients are the same, and the quota coefficient for the import of investment resources and the ratio of world prices for agricultural raw materials (semi-finished products of the processing industry) and investment resources are constant.

The following elements were introduced: v – the growth rates of employment of the able-bodied economically active population in the processing industry (i.e. as determined in the model [31], $L = L(t) = L(0)e^{vt}$); $\theta_i = \frac{L_i}{L}$ – the share of the i -th combined enterprise (agroholding) of the processing industry in the distribution of human resources in the agro-food sector of the economy; s – the share of the i -th joint enterprise (agroholding) of the processing industry in the distribution of investment re-

sources in the agro-food sector of the economy; $k_i = \frac{K_i}{L_i}$ – the sectoral labor productivity of the i -th combined enterprise (agroholding) of the processing industry; $\frac{X_i}{L_i} = F_i(k_i, 1) = f_i(k_i)$ – the share of the import of agricultural raw materials in the total volume of raw materials of the joint enterprise (agroholding) of the processing industry; $y_0 = \frac{Y_0}{L}$ – the share of the import of investment resources in the total amount of investments of the joint enterprise (agroholding) of the processing industry; $y_1 = \frac{Y_1}{L}$ – the share of the import of semi-finished products in the total volume of products of the joint enterprise (agroholding) of the processing industry; $y_2 = \frac{Y_2}{L}$ – the coefficient of quota of agricultural raw materials; γ_0 – the import quotas of investment resources; γ_1 – the quota coefficient of the import of semi-finished products; γ_2 – is the share of the export of agricultural raw materials (semi-finished products) of the joint enterprise (agroholding) of the processing industry; z_0 – is a world price for exported semi-finished products (agricultural raw materials); q_0 – is a world price for imported investment resources, agricultural raw materials (semi-finished products); q_1^+, q_2^+ – is direct production costs per unit of production of the i -th united enterprise (agroholding) of the processing industry; a – is the depreciation rate of fixed capital (the same for all combined enterprises (agroholdings) of the processing industry); μ – is the coefficient of the depreciation of physical capital (the same for all sectors); $\lambda = \mu + \nu$ – is the coefficient of the reduction of capital equipment due to the depreciation of fixed capital and an increase in the number of employees.

The share of produced products per one united entity of the processing industry in the agro-food sector of the economy is introduced [20, 28]:

$$x_i = \frac{X_i}{l} = \theta_i f_i(k_i), i = 0, 1, 2 \quad (3)$$

where x_i – is the productivity of the i -th united enterprise (agroholding) of the processing industry in the agro-food sector of the economy.

The dynamic trend of the accumulation of investment resources by joint enterprises (agroholdings) of the processing industry in the agro-food sector of the economy is determined by the differential equation [20, 28]:

$$\frac{dk_i}{dt} = -\lambda k_i + \frac{s_i}{g_i} (x_i + y_i), k_i(0) = k_i^0 \quad i = 0, 1, 2. \quad (4)$$

Accordingly, the equation of the balance of the use of resources for the formation of the competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry in the agro-food sector of the economy will have the following form for [20, 28]:

$$\theta_0 + \theta_1 + \theta_2 + \theta_i = 1, 0 \leq \theta_i \leq 1 \quad (5)$$

the balanced supply of economically active human resources [31]:

$$s_0 + s_1 + s_2 + s_i = 1, 0 \leq s_i \leq 1 \quad (6)$$

the balanced supply of agricultural raw materials (balance of production):

$$(1 - a_0)x_0 = a_1x_1 + a_2x_2 + a_ix_i + z_0 \quad (7)$$

the balanced supply of agricultural raw materials and semi-finished products of the processing industry to the world market:

$$q_0z_0 + q_1^+z_1 + q_2^+z_2 + q_i^+z_i = q_0y_0 + q_1^+y_1 + q_2^+y_2 + q_i^+y_i \quad (8)$$

the balanced supply of agricultural raw materials and resources:

$$y_0 \leq \gamma_0x_0 \quad (9)$$

the balanced provision of technological equipment:

$$y_1 \leq \gamma_1x_1 \quad (10)$$

the balanced provision of the domestic agricultural market with the products of the processing industry [20, 28]:

$$y_2 \leq \gamma_2x_2 \quad (11)$$

Therefore, the system of economic relations between processing industry subjects and agricultural enterprises depends on a competitive environment. At the same time, no less important in the future period are the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants, which allow for combining agricultural enterprises and processing industry subjects into agroholdings in order to prepare them for a crisis during a probable conflict (in particular, an armed conflict in the country).

Since the system is constantly under quasi-crisis pressure, both from the country (due to internal contradictions) and from the outside (from competitors), the anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants are designed to coordinate the main sources of resource formation to counteract this pressure in a competitive environment. However, it should be remembered that the anti-crisis scenarios of the intersectoral interaction of participants in the agricultural market of

any country may face hyper-competition of the world market, since in most countries of the world, with the sufficiently developed agro-food sector of the economy, there are restrictions on the production of resources that are distributed among all competitors, and their number is increasing under globalization.

Results

Transformational processes in the agro-food sector of the economy of Ukraine caused by crisis phenomena and associated with the full-scale military invasion of the aggressor country on the territory of the state, provoked a threatening downward trend in the production of agricultural enterprises. This had negative consequences for the competitiveness of the processing industry. According to the structure of the consumer basket, the level of the provision of agricultural and processing industry products in Ukraine is deteriorating. Hence, if the amount of meat and milk decreases, then the processing products of the grain and oil group will increase, causing a shortage of proteins, vitamins, macro- and microelements of animal origin, which will lead to “hidden hunger” [7].

In addition, the negative dynamics of food quality deterioration are observed. During the period 2000 ÷ 2022, the share of the consumption of products of animal origin was lower than the established norm and varied from 23.0 to 29.7 %. In 2022, the average per capita consumption of food products decreased in almost all food groups, in particular, the annual consumption of meat decreased by 55 % (beef and poultry, especially low-fat varieties of meat), milk – by 51 %, fish – by 46 %, eggs – by 16 %, vegetables – by 8 %, fruit – by 55 %, sugar – by 36 %.

The production of products of the grain and oil group is the main raw material for the processing industry. However, in 2022, almost 12 million hectares of arable land were lost due to military operations and the occupation of the southern regions of Ukraine. This caused the loss of 72.4 % of agricultural raw materials for the grain-processing and oil-processing sub-sectors of the agro-food sector of Ukraine (Figure 2).

The volume of production by agricultural enterprises of raw materials of livestock origin for the meat processing industry of Ukraine is presented in Figure 3.

For example, the volume of beef production in 2018 ÷ 2023 decreased by 10.1 %, pork – by 23.5 %, poultry – by 6.6 %, and milk – by 49.1 %. In 2022, in Ukraine, the raw material component of agricultural enterprises in the field of animal husbandry, in relation to the level of 2021, suffered large losses. Accordingly, meat processes and milk processing complexes in Ukraine received raw materials from agricultural enterprises in the following proportion: beef meat – by 25.0 %, pork – by 42.0 %, poultry – by 32 %, milk – by 18.9 %. In 2023, in relation to 2022, a slight increase in the volume

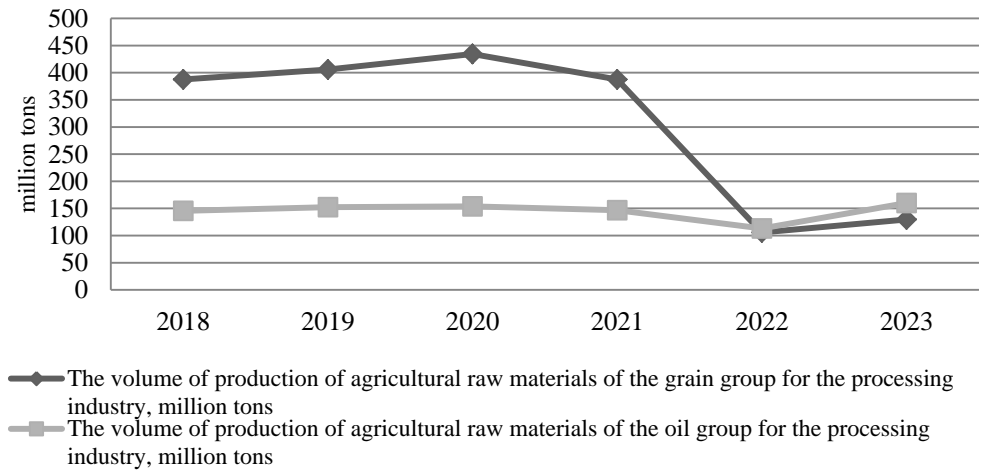


Figure 2. The volume of production of agricultural raw materials of the grain and oil group in Ukraine for the processing industry in 2018-2023 [million tons]

Rycina 2. Wielkość produkcji surowców rolnych grupy zbożowo-olejowej na Ukrainie dla przemysłu przetwórczego w latach 2018-2023 [mln ton]

Explanatory notes / Objasnienia:

Source: developed by the authors based on the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

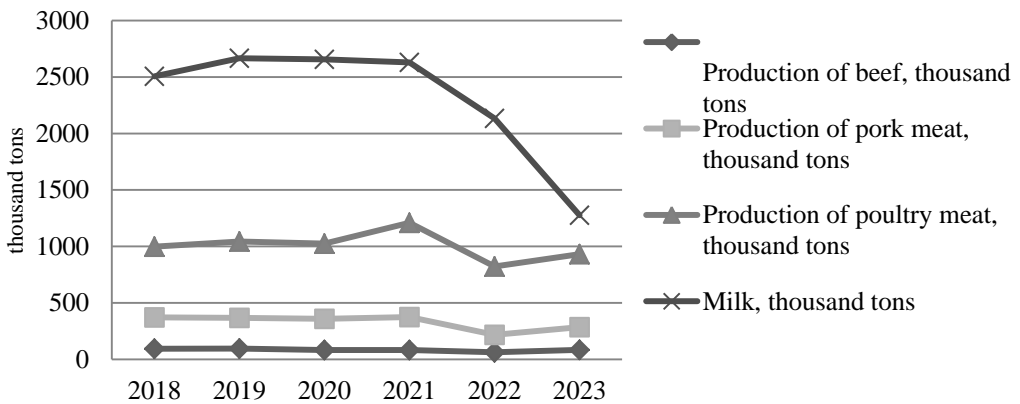


Figure 3. Volume of production of raw materials of animal origin for the meat processing industry of Ukraine for 2018-2023 [thousand tons]

Rycina 3. Wielkość produkcji surowców pochodzenia zwierzęcego dla przemysłu mięsnego Ukrainy w latach 2018-2023 [tys. ton]

Explanatory notes / Objasnienia:

Source: developed by the authors based on the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

of the production of raw materials of the livestock industry for the meat processing sub-complex of the agro-food sector of the economy was outlined. Thus, beef production increased by 34.9 %, pork – by 31.1 %, poultry – by 13.4 %.

The space for neutralizing the crisis of the competitiveness of the meat processing industry in Ukraine is the final result of the activities of the participants of the agricultural market, which is formed in the system of limited resources of agricultural enterprises that are included in the integral infrastructure of the meat processing industry. At the same time, the polarized space of the meat processing industry in the market of meat products and semi-finished products must meet the needs of consumers in accordance with the established regulatory volume, while maintaining the opportunity to expand its own capabilities in the country and outside. Thus, after the decline of meat processing production in Ukraine from 2022, in 2023, its growth by 15.5 % is observed. Ukrainian producers of the meat processing industry have potential opportunities to enter the world markets of beef products in the USA, Germany and Switzerland. One of the important aspects of state policy in the meat processing industry as a whole is the composition, dynamics and structure of the import and export of meat products in Ukraine (Figures 4 ÷ 5).

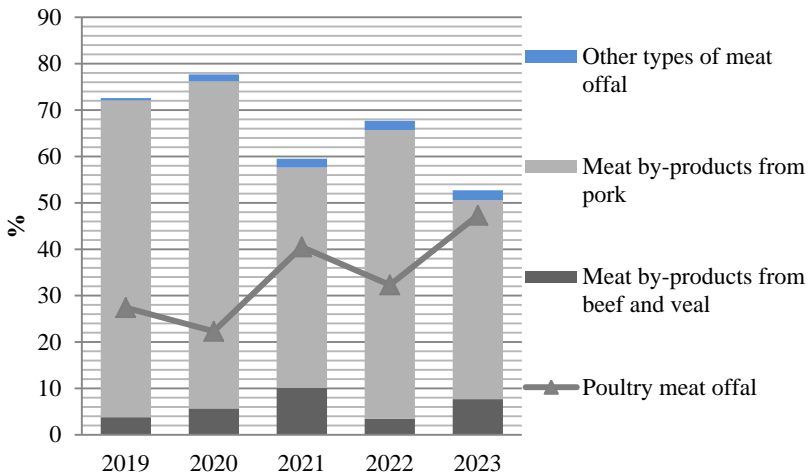


Figure 4. The import of meat processing products in Ukraine [%]

Rycina 4. Import produktów przetwórstwa mięsnego na Ukrainę [%]

Thus, the export of beef and veal offal in 2019 ÷ 2023 increased by only 17 %, from pork – decreased by 70 %, and from poultry meat – increased by 21 %. In 2022, compared to 2021, the export of by-products of meat processing complexes decreased for all types: beef and veal – by 24 %, pork – by 82 %, poultry meat – by 23.7 %. In 2023, compared to 2022, there is a tendency to increase the export of these types of

meat processing products: beef and veal – by 28.2 %, pork – by 2.3 times, poultry meat – by 56.8 %. Poultry products continue to be supplied to Egypt and EU countries.

The level of the crisis of the competitiveness of the entities of the Ukrainian processing industry in the state of war in Ukraine (2022 ÷ 2023) ranged from approximately 9.1 % to 16.0 %, while in 2021 it was 3.3 %, and in 2020 – only 0.5 %. The real share of the manufacturing industry in GDP in 2022 decreased by 29.1 %, while in 2020 it was 19.4 %, in 2021 it was 13.9 %. At the same time, the fluctuations of the consumer price index for the products of the processing industry had a dynamic nature.

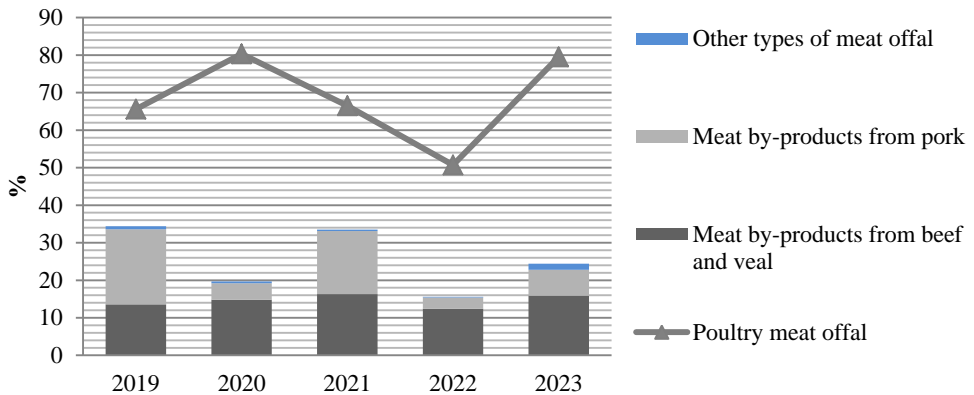


Figure 5. The export of meat processing products in Ukraine [%]

Rycina 5. Eksport produktów przetwórstwa mięsnego na Ukrainę [%]

Explanatory notes / Objasnienia: Source: built by the authors from the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

Thus, in 2020 ÷ 2021, the prices for the products of the processing industry increased by 2.4 % and by 10 %, respectively, in previous years. In 2022, due to hostilities in the country, consumer prices for processed products rose 2.7 times. In 2023, due to the shortage of Ukrainian agricultural raw materials, the greater part of which was supplied from the regions of the Steppe zone of Ukraine, the price trend for processed products increased by 6 % from the level of 2022 (Figure 6).

The financial component of the level of competitiveness, which ensures the performance of the production and technological cycle in meat-processing sub-complexes united with agricultural enterprises (agroholdings), is formed at the local level and depends on the competitive environment in the domestic market of Ukraine (Figure 7).

At the same time, the neutralization of the competitiveness crisis in Ukrainian meat-processing agroholdings is taking place with the participation of private foreign investments. This makes it possible to ensure a low level of risk, quick payback of

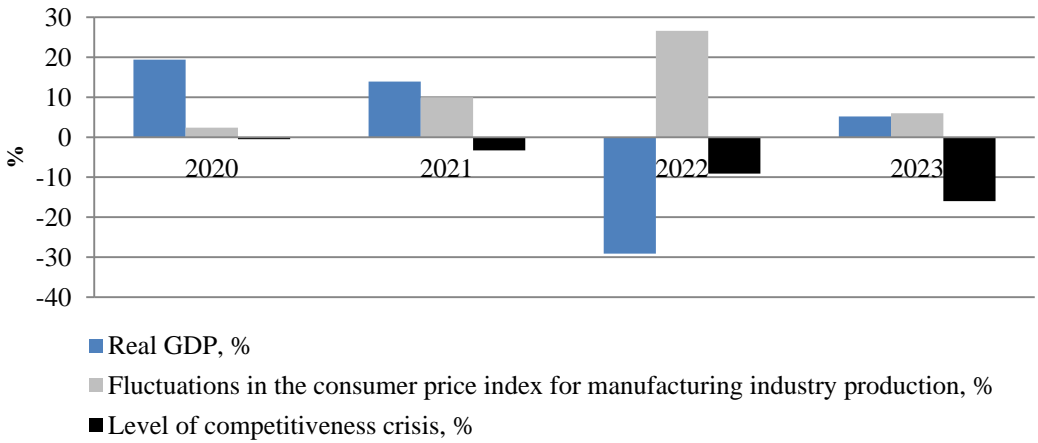


Figure 6. The level of the crisis of the competitiveness of the processing industry of Ukraine for 2021 ÷ 2023 [%]

Rycina 6. Poziom kryzysu konkurencyjności przemysłu przetwórczego Ukrainy w latach 2021 ÷ 2023 [%]

Explanatory notes / objaśnienia: Source: developed by the authors based on the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

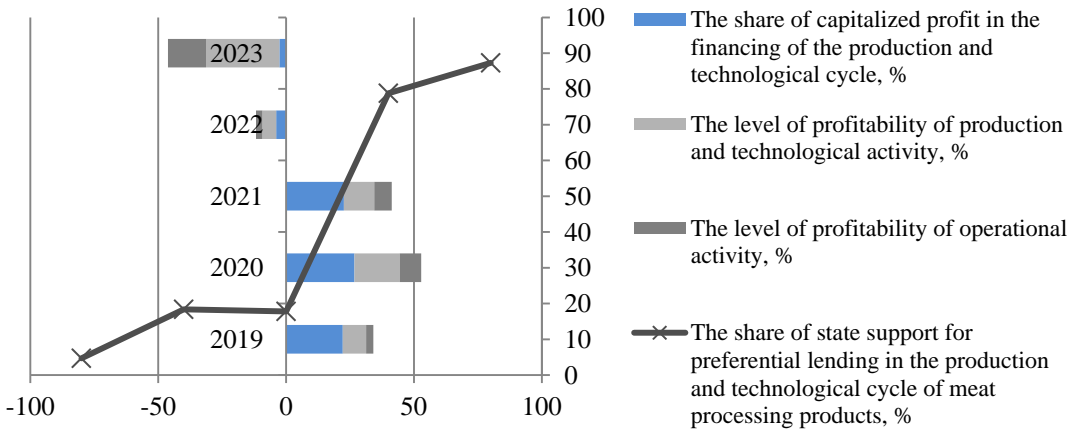


Figure 7. The financial process of the production and technological cycle in meat-processing sub-complexes united with agricultural enterprises (agroholdings) for 2019 ÷ 2023 [%] (on average for the region of Ukraine without taking into account the occupied territories)

Rycina 7. Proces finansowy cyklu produkcyjno-technologicznego w podkompleksach przetwórstwa mięsnego połączonych z przedsiębiorstwami rolniczymi (agroholdingami) na lata 2019 ÷ 2023 [%] (średnio dla obwodu Ukrainy bez uwzględnienia terytoriów okupowanych)

Explanatory notes / objaśnienia: Source: developed by the authors based on the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

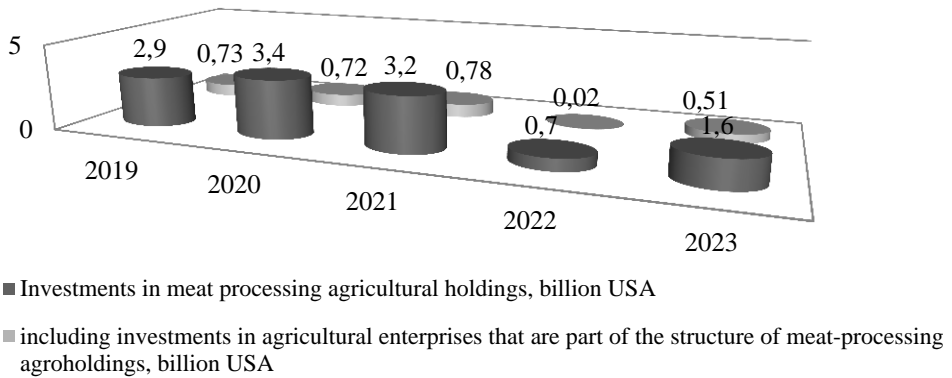


Figure 8. The volume of private foreign investments in meat-processing agroholdings of Ukraine for 2019 ÷ 2023, [billion USA]

Rycina 8. Wielkość prywatnych inwestycji zagranicznych w gospodarstwach rolnych zajmujących się przetwórstwem mięsnym Ukrainy w latach 2019 ÷ 2023, [mld USA]

Explanatory notes / objaśnienia: Source: developed by the authors based on the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

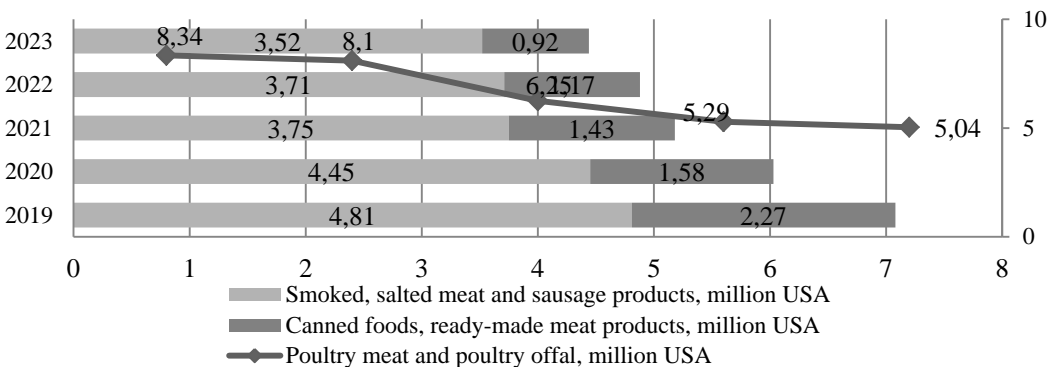


Figure 9. The volume of product sales by meat-processing agroholdings on the Ukrainian and foreign markets for 2019 ÷ 2023 [million USD] (with the support of private foreign investors)

Rycina 9. Wolumen sprzedaży produktów gospodarstw rolnych zajmujących się przetwórstwem mięsnym na rynku ukraińskim i zagranicznym w latach 2019 ÷ 2023 [mln USD] (przy wsparciu prywatnych inwestorów zagranicznych)

Explanatory notes / objaśnienia: Source: developed by the authors based on the data [3, 24, 25] / Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [3, 24, 25].

costs in the production and technological cycle and costs for the sale of products for Ukrainian and foreign consumers (Figure 8 ÷ 9).

In order to neutralize the crisis in the competitiveness of meat-processing agricultural holdings in the integrated system of economic relations with agricultural enter-

prises that are part of their structure, it is necessary to adhere to the optimal guidelines of the production and technological cycle and take into account the level of financial support from both private investors and the state under preferential lending.

Discussion

The system of economic relations between agricultural enterprises and processing industry subjects allows for forming their competitiveness as joint enterprises (agricultural holdings) in the agricultural market. At the same time, they can create risks in the production and technological cycle, which, with the help of regulatory insurance tools, neutralize the emergence of a competitiveness crisis. For a more in-depth interval assessment of the minimization of the crisis of competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry, density curves of the distribution of the probability of accidental losses are constructed; the risk zone is determined.

The intersection of the function $f(x_1)$ and the value of the crisis of competitiveness in the case of a negative consequence (x_1) (intersection 1) – characterizes the most likely losses in the production and technological and financial cycle and risk neutralization with the expected competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry on the agricultural market. The intersection of the function $f(x_{add})$ and the value of a loss in the event of a negative consequence (x_{add}) (intersection 2) – corresponds to the permissible crisis point of the competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry on the agricultural market, at which losses will be equal to the sum of the loss of production, technological and financial resources (point is the upper limit (zone) of a permissible crisis of competitiveness) [30].

The probability of a crisis in the competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry on the agricultural market $f(x_{add})$ is determined by the dependence (12) [30]:

$$f(x_{add}) = \int_0^{x_{add}} f(x) dx \quad (12)$$

The zone of the admissible crisis of competitiveness is the zone within which the activity of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry on the agricultural market does not exceed the value of the loss of production, technological and financial resources. The intersection of the function $f(x_{kr})$ and the size of the loss of resources in the production and technological cycle is the same in the event of a negative consequence (x_{kr}), (intersection 3) – characterizes the degree of the permissible crisis level of the competitiveness of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry on the agricultural market (i.e. the risk of financial losses,

which is equal to the estimated amount of income when the competitiveness crisis is neutralized) [30].

The probability of the critical limit of the crisis level of competitiveness $f(x_{kr})$ is determined by dependence (13):

$$f(x_{kr}) = \int_{x_{add}}^{x_{kr}} f(x) dx \quad (13)$$

The intersection of the function $f(x_{dis})$ and the value of the loss of resources in the production and technological cycle in the event of a negative consequence (x_{dis}), (intersection 4) – characterizes the catastrophic-crisis level of competitiveness (i.e. the risk of financial losses equal to the aggregate amount of resources of the combined enterprises (agroholdings) of the processing industry).

The probability of a catastrophic-critical level of competitiveness $f(x_{dis})$ is determined using the integral (formula (14)) [30]:

$$f(x_{dis}) = \int_{x_{kr}}^{x_{dis}} f(x) dx \quad (14)$$

As shown in a multi-level diagnosis of the crisis of the competitiveness of meat-processing agroholdings in the integral system of economic relations with agricultural enterprises, the authors of the study identified meat-processing agroholdings and determined multi-vector changes by types of production and technological cycle [2]. A multi-level diagnosis of the competitiveness crisis was carried out at 15 meat-processing agricultural holdings located in 15 regions of Ukraine. To form a structural-parametric configuration by types of the production and technological cycle, seven meat-processing agricultural holdings were selected, which between 2021 and 2023 implemented technological changes in production activities with the subsequent marketing of products on the Ukrainian and foreign markets.

Poly-vector changes in the competitiveness crisis of meat-processing agricultural holdings (I_{cc}), which are determined by the integral indicator of ensuring the production and technological cycle in the time period of 2021 ÷ 2023, are presented in Figure 10. The integral indicator includes capitalized profit, state preferential lending, but without financial support private investors.

Thus, seven meat-processing agricultural holdings in the regional space of the system of economic relations with agricultural enterprises have an average and high crisis level of competitiveness, since the value of the indicator is less than zero ($I_{cc} \leq 0$). This trend persists during the time period of 2021 ÷ 2023. This indicates that the combined subjects of the meat processing industry do not have enough their own or

engaged resources to optimize the production and technological cycle, which requires innovation and changes in technological capabilities with the aim of constantly increasing their positions on the Ukrainian and foreign markets. They require private investment and additional insurance regulators from the state.

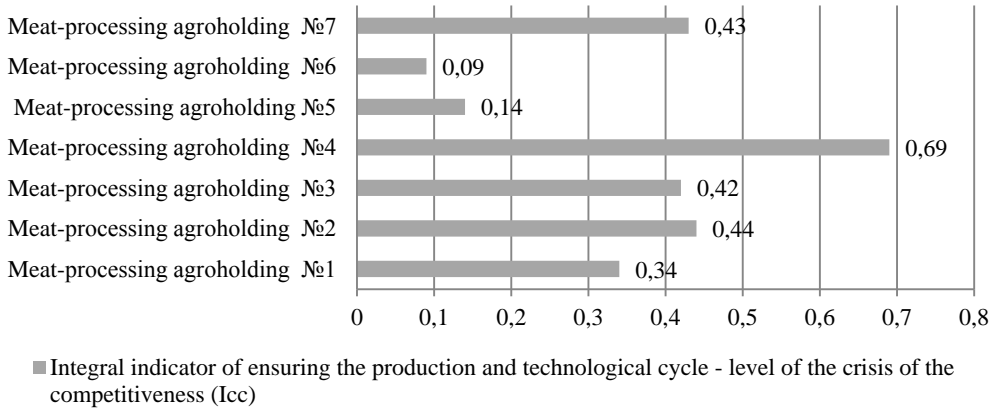


Figure 10. Poly-vector changes in the level of the crisis of the competitiveness of meat-processing agroholdings according to the integral indicator of ensuring the production and technological cycle in the time period 2021 ÷ 2023 (excluding the amount of financial support of private investors and taking into account capitalized profit and state preferential lending)

Rycina 10. Wielowektorowe zmiany poziomu kryzysu konkurencyjności gospodarstw rolnych przetwórstwa mięsnego według integralnego wskaźnika zapewnienia cyklu produkcyjno-technologicznego w przedziale czasowym 2021 ÷ 2023 (bez uwzględnienia wysokości wsparcia finansowego inwestorów prywatnych i biorąc pod uwagę skapitalizowany zysk oraz preferencyjne kredyty państwowe)

Explanatory notes / Objasnienia: Source: developed by the authors / Źródło: opracowanie własne.

As a rule, production and market risks affect the production of agricultural and processing products in different ways and, accordingly, their negative impact in some areas is compensated by the positive ones in others. In order to minimize production risks, obtain stable financial results and gain competitive advantages, both agricultural enterprises and enterprises of the processing industry determine the criteria of specialization when implementing outsourcing, while maintaining existing methods and production volumes [27]. Instead, the diversification of production and technological cycles has both economic and social benefits – it provides more employment, ensures the fulfilment of a wider spectrum of social and material needs of the producers of the agro-industrial sector.

A number of characteristic features of ensuring the competitiveness of the processing industry, such as a long period of capital turnover and a high risk of dependence of production cycles on the supply of raw products of agricultural enterprises,

determine the need for additional resources. The dynamic development potential of the processing industry requires an increase in the amount of cash and commodity resources every year, but its risks are not covered by loan resources, hence insurance is almost the only alternative source of compensation for the loss of raw materials when the supply chains of material resources are broken and competitiveness risks are minimized. Increasing the effectiveness of the protection of the integral system of economic relations is in the interests of both agricultural producers and enterprises of the processing industry for the development of the risk management mechanism.

Insurance, like other risk transfer tools, relies on risk aversion. Meat-processing agricultural holdings, integrated into economic relations with agricultural enterprises, exhibit a negative attitude towards potential economic fluctuations. They are willing to compromise significant fluctuations that could impact competitiveness. This is reflected in the principle of useful expectations, where decision-making agroholdings assess the usefulness of accidental consequences monetarily, ranking alternatives on a single scale of preferences. The criterion is the expected value of utility, which is determined as follows [27]:

$$Eu_{(a_i)} = \sum p_j \times u(x_{ij}) \quad (15)$$

where Eu – expected utility; a_i – i -th alternative; x_{ij} – the result of the j -th result on the i -th alternative; p_j – the probability of the j -th result.

By inverting the utility function, the value is determined – the guaranteed equivalent [27]:

$$CU = U^{-1}[U] \quad (16)$$

The value of the utility function for individual consequences x_1 and x_2 is marked by points A and B . The point D characterizes the usefulness of the expected value for both consequences, i.e.: $u(E(x)) = u(p_1x_1 + p_2x_2)$. The points on the line AB are a combination of the form: $a \times u(x_1) + (1 - a) \times u(x_2)$ where $0 \leq a \leq 1$. At the point C this combination has the form: $p_1 \times u(x_1) + p_2 \times u(x_2)$, i.e. the expected utility for both consequences (Eu) [27].

The integral distribution function of random damage by differentiation by a variable value is used to determine the function of its density, which allows for easily calculating the probability of occurrence of a value of damage. To select the projected parameters of the competitiveness of the meat-processing agricultural holdings, we assume that the variable is the years of research into insurance indicators and – the indicators themselves. The empirical dependences of variables that provide an approximation of actuarial calculations are presented in Table 2.

Table 2. The empirical dependences of the variable indicators of the insurance of the production and technological cycle of meat-processing agricultural holdings in the approximation of actuarial calculations

Tabela 2. Zależności empiryczne zmiennych wskaźników ubezpieczenia cyklu produkcyjno-technologicznego gospodarstw rolnych zajmujących się przetwórstwem mięsnym w przybliżeniu obliczeń aktuarialnych

Indicators	Calculation algorithm	Sum of squares of deviations	Direction of the curve
Forecasting the optimal parameters of insurance payments for meat-processing agricultural holdings in the integrated system of economic relations with agricultural enterprises			
Insurance payments, thousand USD	$y = 3797,6 - 342,091x$	18882.804	decline
	$y = e^{8,5692 - 0,272655x}$	24784.264	decline
Average payment for 1 contract, thousand USD	$y = -142,483x + 2086,454$	12269.262	decline
	$y = e^{7,6614 - 0,1728x}$	14061.873	decline
Average payment per 1 kg of products, USD	$y = e^{2,11873 - 0,29717x}$	60.16	decline
	$y = 6,0127 - 0,5762x$	48.79	decline
Average payment for 1 insurance company, thousand USD	$y = -23,362x + 279,247$	107725.51	decline
	$y = e^{5,85807 - 0,239884x}$	14163.064	decline
Forecasting the optimal parameters of sum insured for meat-processing agricultural holdings in the integrated system of economic relations with agricultural enterprises			
Total sum insured, thousand USD	$y = 270,811 - \frac{99,648}{x}$	66742.14	growth
	$y = e^{5,4627 - 0,006612x}$	74888.47	decline
Average sum insured for 1 contract, thousand USD	$y = 96,5426 + 51,1721 \cdot \ln x$	21553.16	growth
	$y = 87,773444 \cdot x^{0,406012}$	23999.27	growth
	$y = 227,67 - \frac{166,74}{x}$	19273.25	growth
	$y = e^{4,6481 + 0,07999x}$	27389.20	growth
Average sum insured per 1 kg of products, USD	$y = 422,666 - 14,206 \cdot x$	70464.51	decline
	$y = e^{6,033933 - 0,041933x}$	73110.38	decline
Average sum insured for 1 insurance company, billion USD	$y = 24,697 - \frac{13,563}{x}$	1198.46	growth
	$y = 16,987 + 2,47444 \cdot \ln x$	1377.20	growth
	$y = e^{2,845133 + 0,012848x}$	1347.25	growth

Forecasting the optimal parameters of insurance premium for meat-processing agricultural holdings in the integrated system of economic relations with agricultural enterprises			
Insurance premiums, billion USD	$y = -0,3304x + 9,44$	124.11	falls
	$y = e^{2,1068 - 0,033527x}$	147.34	falls
Average premium per 1 contract, thousand USD	$y = -0,34112 + 3,7236 \cdot \ln x$	73.37	growth
	$y = 3,1433023 \cdot x^{0,290529}$	42.50	growth
	$y = e^{1,29167 + 0,053151x}$	37.29	growth
Average premium per 1 kg of products, USD	$y = -0,6488x + 13,9287$	240.99	falls
	$y = e^{2,6043 - 0,063988x}$	249.77	falls
Average premium per 1 insurance company, billion USD	$y = 739,305 - \frac{322,816}{x}$	13623.015	growth
	$y = 614,543 + 20,001 \cdot \ln x$	14325.777	growth
	$y = e^{6,396267 - 0,013958x}$	14948.937	falls

Explanatory notes / Objasnienia: Source: developed by the authors / Źródło: opracowanie własne.

Thus, meat-processing agricultural holdings in the integrated system of economic relations with agricultural enterprises provide financial protection against risky consequences that lead to the loss of resources in the production and technological cycle and which have a probabilistic variable, which is determined and reimbursed after the occurrence of the insured event.

After the analysis and unification of risks in the competitive environment of the investigated five meat processing agricultural holdings, anti-crisis scenarios of their cross-industry interaction with agricultural enterprises were determined according to the indicators that best describe the parametric data of the level of competitiveness for the period from 2024 to 2026 (Figure 11).

Thus, the competitiveness of the processing industry depends on the effect of multifactorial risks of various modifications. The conditionality of their influence makes it possible to establish parametric limits for neutralizing the risks of the production activities of agricultural enterprises in the future. The level of competitiveness of meat-processing agricultural holdings directly depends on their dynamic development, which is influenced by the indices of agricultural raw materials, price indices for by-products and processed products, preferential credit rates, the volume of cash flows from private investments and state financial assistance, and the level of insurance payments. Protection against risks arising at the local level must be carried out according to the matrix of the indicative assessment of the production and technological cycle, which captures anti-crisis scenarios of inter-branch relations between the united enterprises of the processing industry in accordance with clearly defined rules.

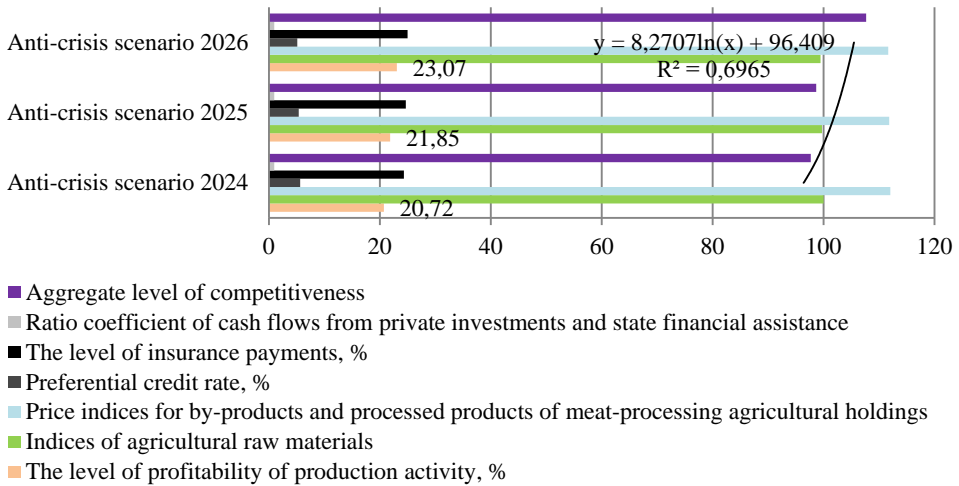


Figure 11. Anti-crisis scenarios of cross-industry interaction of meat-processing agroholdings in a holistic system of economic relations with agricultural enterprises to neutralize crisis factors of competitiveness for 2024 ÷ 2026

Rycina 11. Antykryzysowe scenariusze interakcji międzybranżowych gospodarstw rolnych przetwórstwa mięsnego w holistycznym systemie powiązań gospodarczych z przedsiębiorstwami rolniczymi w celu neutralizacji czynników kryzysowych konkurencyjności na lata 2024 ÷ 2026

Explanatory notes / Objaśnienia: Source: developed by the authors / Źródło: opracowanie własne.

Conclusions

1. Thus, the anti-crisis scenarios of inter-sectoral interaction of agricultural market participants, which minimize the impact of the production risks of agricultural enterprises, change indicators of the production and technological cycle and neutralize the crisis level of the competitiveness of meat-processing agricultural holdings, are an important impetus for the formation of a strategic model for anti-crisis support of economic processes in the agro-food sector of the state economy.
2. It is on the basis of the basic criteria of risk neutralization and insurance, as well as the development of parameters of competitive advantages in the agricultural market, that marketing communication concepts can be developed, which allow for the introduction of the export brand portfolio of processed products, with the maximum approximation of the standards of the competitiveness of the processing industry to the absolute level. At the same time, only the modernization of the material, production, technological, fund-forming and financial subsystems of the competitiveness of the processing industry will ensure the high positions of united subjects in the product market, and the anti-crisis scenarios of inter-branch interaction will allow for reproducing the innovative development of the competitiveness

of the united subjects of the processing industry in a post-war period and reconstructing their system of economic relations with agricultural enterprises.

3. The restoration of lost competitive positions will draw the attention of private investors to changes in the fund-forming subsystem of the production and technological cycle and will ensure an increase in the share of investment resources in export-oriented processing products. That is, the integrated anti-crisis scenarios of the inter-sectoral interaction of agricultural market participants in an integrated economic system should be based on all components of the communication complex, which are interconnected by such elements as a price, quality, cost, competitive potential, the competitiveness of communication relations, the competitiveness of the branding management system in the agricultural market.

References

- [1] Aditto S., Gan C., Nartea G.: Sources of risk and risk management strategies: the case of smallholder farmers in a developing economy. 2012. Retrieved from: <https://www.intechopen.com/chapters/38993>
- [2] Davydov O.I.: Problems and prospects of application of the indicator of economic added value in cost oriented management of enterprises. *Economic Analysis*, 2017, 3(27), 190-198.
- [3] Government portal. The government has restored support for agribusiness entities by partially compensating interest on loans. 2021. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhpidtrimka-2021-uryad-vidnoviv-pidtrimku-subyektiv-gospodaryuvannya-apk-shlyahom-chastkovoyi-kompensaciyi-vidsotkiv-za-koristuvannya-kreditami>
- [4] Halchynskiy A.S.: Crisis and cycles of world development. Kyiv: ADEF-Ukraine, 2019.
- [5] Hermann A.: The systemic nature of the economic crisis the perspectives of heterodox economics and psychoanalysis. London; New York: Routledge, 2015, pp. 226.
- [6] Hunt S.D.: A general theory of competition: resources, competences, productivity, economic growth. Thousand Oaks; London; New Delhi: Sage Publications, 2000, pp. 385-393.
- [7] Hrynychuk V.I., Blashchak B.Ya.: Food industry of Ukraine: current status, trends and prospects. *Innovative Economy*, 2018, 9-10, 51-60.
- [8] Jankelova N., Masar D., Moricova S.: Risk factors in the agriculture sector. *Agri. Econ.*, 2017, 63(6), 247-258.
- [9] Janowicz-Lomott M., Lyskawa K.: The New Instruments of Risk Management in Agriculture in the European Union. *Proc. Econ. Fin.*, 2014, 9, 321-330.
- [10] Johnson A.M., Boehlje M.D., Gunderson M.A. Agricultural credit risk and the macroeconomy: Determinants of Farm Credit Mid-America PD migrations. *Agri. Fin. Rev.*, 2017, 77(1), 164-180.
- [11] Kholod Z.M., Shtanhret A.M.: Methodological aspects of crisis management. *Industr. Econ.*, 2002, 2, 23-26.
- [12] Khrypiuk V.I.: Food industry of Ukraine: retrospective analysis and modern problems of development. *Econ. Agro-Ind. Compl.*, 2018, 9, 77-86.
- [13] Kovalenko O.V.: Added value in the context of national food security. *Econ. State*, 2018, 4, 98-102.
- [14] Lendiel M.A., Zhulkanych O.M.: Specifics of inter-sectoral organizational and economic relations in agro-industrial production: analytical aspect. *Sci. Bull. Mukachevo State Univ.*, 2015, 2(1), 42-48.

- [15] Lorant A., Farkas M.: Risk management in the agricultural sector with special attention to insurance. *Pol. J. Managem. Stud.*, 2015, 11(2), 71-82.
- [16] Martynova L.V.: Development of tools for forming an adaptive risk management strategy for the economic activity of a grain processing enterprise based on game theory. *V. Dahl Bull. East Ukrainian Nat. Univ.*, 2014, 8(215), 119-126.
- [17] Nelson O., Mancilla W., Sepúlveda S.: Upstream information distortion in the agro food supply chain. *Supply Chain Managem.: An Int. J.*, 2017, 22(5), 411-423.
- [18] Nitsenko V.S., Havrysh V.I.: Enhancing the stability of a vertically integrated agro-industrial companies in the conditions of uncertainty. *Actual Probl. Econ.*, 2016, 10(184), 167-172.
- [19] Rod O'Donnell: Keynes and Knight: risk-uncertainty distinctions, priority, coherence and change. *Cambridge J. Econ.*, 2021, 45(5), 1127-1144.
- [20] Shpachuk V.V.: Theoretical principles of crisis typology. *Sci. Bull. Acad. Municip. Admin.*, 2010, 4. Retrieved from: http://www.Nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Nvamu_upravl/2010_4/33.pdf.
- [21] Shmahlii O.B.: Food industry of Ukraine: national and global dimension of modern dynamics. *Food Res.*, 2017, 9, 90-97.
- [22] Shtymer L.T.: Modern paradigm of strategic management of enterprise potential in a competitive environment. *Strat. Econ. Develop. Ukraine*, 2011, 28, 65-70.
- [23] Sivash O., Ushakov D., Ermilova M.: Investment process resource provision in the agricultural sector. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2019, 272(3), #032118.
- [24] State Statistics Service of Ukraine. Statistical publication of the Regions of Ukraine. 2018. Retrieved from: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/11/zb_ru1ch2018.pdf.
- [25] State Statistics Service of Ukraine. Statistical Publication "Ukraine in Figures" for 2020. 2021. Retrieved from: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/vzb_Ukraine%20in%20figures_20e.pdf.
- [26] Trusova N.V., Tanklevska N.S., Synchak V.P., Prystemskyi O.S., Tereshchenko M.A.: State Support of Agro-Insurance of Agricultural Risks in the Market of Goods Derivatives of Ukraine. *Ind. Engin. Managem. Sys.*, 2020, 19(1), 93-102.
- [27] Vereshchaha V.M., Pavlenko O.M., Adoniev Ye.O., Rubtsov M.O.: Geometric method of interpolation of a point polynomial in parametric form. *Mod. Prob. Model.*, 2019, 16, 28-139.
- [28] Vitlinskyi V.V., Verchenko P.I.: Analysis, modeling and management of economic risk. Kyiv: KNEU, 2000.
- [29] Witteloostuijn A., Wegberg A.: Multimarket competition. Theory and evidence. *J. Econ. Behav. Organi.*, 1992, 18, 273-282.
- [30] Yastremskyi O. I.: Modeling of economic risk. Kyiv: Lybid, 1992, pp. 176.
- [31] Yevtushenko H.V., Tymkiv N.Ia., Sheshenia A.A.: Features of risk management in the agricultural sector of the economy. *Sci. Bull. Int. Hum. Univ. Ser.: Econo. Managem.*, 2016, 17, 49-52.
- [32] Zhmudenko, V.O. (2015). Peculiarities of risk management in the agrarian sphere. *Bull. Socio-econ. Res.*, 2015, 3(58), 55-61.

DETERMINANTY NEUTRALIZOWANIA WPŁYWU RYZYKU PRODUKCYJNYCH PRZEDSIĘBIORSTW ROLNYCH NA KONKURENCYJNOŚĆ PRZEMYSŁU PRZETWÓRCZEGO

Streszczenie

Wprowadzenie. W artykule zbadano wpływ ryzyk produkcyjnych w przedsiębiorstwach rolniczych na konkurencyjność przemysłu przetwórczego, biorąc pod uwagę asymetrię informacji w nieprzewidywalnym otoczeniu. Praca identyfikuje kluczowe elementy stymulujące produkcję, istotne dla konkurencyjności przemysłu przetwórczego, wykorzystując teorię wartości. Powiązania gospodarcze pomiędzy przedsiębiorstwami rolniczymi a podmiotami przemysłu przetwórczego mają na celu integrację cykli produkcyjnych i technologicznych w celu zwiększenia konkurencyjności. W artykule scharakteryzowano presje quasi-kryzysowe w przemyśle przetwórczym, podając wskaźniki relacji gospodarczych pomiędzy przedsiębiorstwami rolniczymi a podmiotami przemysłu przetwórczego. Praca analizuje produkcję zbóż, olejów i surowców pochodzenia zwierzęcego dla przemysłu przetwórczego oraz ocenia stopień kryzysu konkurencyjności przemysłu przetwórczego na Ukrainie. Badane są procesy finansowe gospodarstw rolnych zajmujących się przetwórstwem mięsnym na obwodach Ukrainy, z wyłączeniem terytoriów okupowanych, z uwzględnieniem prywatnych inwestycji zagranicznych w okresie przedwojennym i w stanie wojennym.

Wyniki i wnioski. Podsumowując, metody zastosowane w tych badaniach obejmują kombinację analizy ekonomicznej, technik zarządzania ryzykiem, syntezy teoretycznej, narzędzi diagnostycznych, analizy interesariuszy i analizy systemu zasobów. Metody te zostały dostosowane, aby sprostać konkretnym wyzwaniom stojącym przed przemysłem rolnym i przetwórczym. Obliczono zmiany poziomu kryzysu konkurencyjności gospodarstw rolnych zajmujących się przetwórstwem mięsnym z uwzględnieniem cyklu produkcyjnego i technologicznego. Artykuł kończy się antykryzysowymi scenariuszami interakcji międzybranżowych mających na celu neutralizację czynników kryzysu konkurencyjności.

Słowa kluczowe: zarządzanie kryzysowe, powiązania gospodarcze, interakcja międzysektorowa, konkurencyjność przemysłu przetwórczego, ryzyka produkcyjne ✕

MARTA LISZKA-SKOCZYLAS, WALTER HUNTER, TERESA WITCZAK,
ŁUKASZ SKOCZYLAS, MARIUSZ WITCZAK, GOHAR KHACHATRYAN,
DOROTA GAŁKOWSKA

THE EFFECT OF EXTRACTION METHODS ON THE DETERMINATION OF THE CONTENT OF POLYPHENOLS AND ANTI-OXIDANT ACTIVITIES OF ENRICHED EGG POWDER

S u m m a r y

Background. The utilization of phenolic compounds is limited by many factors, such as low solubility, low permeability, lability, rapid release, vulnerability towards environmental impacts and low bioavailability. To overcome these constraints, polyphenols can be closed within lipid-based and protein-based nanoparticles. In this study, nanocapsules derived from egg powder, enriched with chokeberry pomace extracts were examined. The content of antioxidant compounds (polyphenols, anthocyanins, phenylpropanoids, total phenolic compounds) and antioxidative potential (with the participation of radicals: DPPH[•], ABTS^{•+} and FRAP assays) were determined to assess the influence of the extraction method (heat extraction, ultrasound assisted extraction, stirring extraction) and encapsulation process of the fruit extract.

Results and conclusions. In the present study, the highest amounts of most examined compounds (regardless of the powder type) were achieved by heat extraction. The lowest values were obtained by stirring the solution at room temperature. The highest antioxidative potential towards radicals was assessed when ultrasounds were used as the extraction factor. Furthermore, the closure of fruit extracts in the protein shell appears to act in a protective manner on the antioxidant compounds present in the extract. The results show that the extraction method applied in the phase of preparing samples to the analysis is of great importance for determining the antioxidant compound content and antioxidant capacity.

Keywords: fruit pomaces, enrichment, antioxidant properties, polyphenols, chokeberry

Dr M. Liszka-Skoczylas ORCID: 0000-0001-7281-3711; W. Hunter; dr hab. inż. prof. URK T. Witzcak ORCID: 0000-0002-4860-9718, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego; dr prof. URK Ł. Skoczylas 0000-0002-8349-4477, Katedra Technologii Produktów Roślinnych i Higieny Żywnienia; prof. dr hab. inż. M. Witzcak ORCID: 0000-0003-2942-8396, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego; dr hab. prof. URK G. Khachatryan, ORCID: 0000-0002-4601-7145; dr hab. inż. prof. URK D. Gałkowska, ORCID: 0000-0001-8917-4610, Katedra Analizy i Oceny jakości Żywności, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków; Kontakt: email: marta.liszka-skoczylas@urk.edu.pl

Introduction

Food consumption is one of the main factors determining human health and life, which stems from the necessity for providing nutrients and energy essential for the proper functioning of our body. Over the years, changes have been observed in the model of food consumption and consumer behavior. The changes arise from the interaction of many factors of a socio-economic and environmental nature [5]. The growing consumer awareness of food quality, but also in terms of environmental protection, impels food producers to seek new technological solutions within their field.

Due to the high amount of vitamins, minerals or antioxidants, fruit constitutes a pivotal element of human diet. The growing popularity of fruit preserves, including juices, purées, smoothies or jams, yields an increase in the amount of waste products [12]. Reprocessing of unexploited feedstock components is a significant concern for the fruit industry. An example of a sparing solution of the problem is valorization, the process of creating valuable products from low-value waste and by-products of the food industry. Combining environmental and economic aspects, valorization choicely fits into the mold of sustainable growth and less waste conceptions. It allows for obtaining enriched products of good quality, which address the needs of modern-day customers, concurrently fulfilling the goals associated with environmental protection [14]. Additionally, it enables creating completely new products and semi-products, that are useful, for instance, in the food or cosmetics industries.

Pomaces, similarly to fruit they are derived from, are a very rich source of natural antioxidants, of the carotenoid and polyphenol classes – mostly anthocyanins and flavonoids. These compounds belong to the group of biologically active substances, which by the elimination of reactive oxygen species (ROS) can contribute to oxidative stress reduction and anti-aging effects [11], thereby factoring into proper homeostasis between antioxidant protection and ROS production in cells of every living organism. With the aim of avoiding nutritional deficiencies of antioxidants and preventing acute, chronic and degenerative diseases, it is essential to maintain their proper level in everyday diet.

Despite having many advantages, bioactive compounds, including polyphenols, are chemically unstable and easily undergo oxidative degradation. Due to the rapid release, low solubility and low bioavailability, the application of pure bioactive substances in food products and pharmaceutical drugs is severely limited [17, 25]. Encapsulation as a technique for bioactive substance immobilization, may insulate antioxidants from environmental stresses, improve the physicochemical properties, thereby enhancing/reinforcing their health-promoting effects [1, 4, 10, 19].

Encapsulation is a technique, by which one or more active materials (so called core) are coated or closed inside another substance or system (cover/carrier/envelope). The encapsulation process is composed of two stages: often, the first step is the emulsi-

fication of the core with dense solution of the shell material, the next phase is drying or cooling down the emulsion. The efficient utilization of the technique requires the comprehension of physicochemical mechanisms, which underly the encapsulation and release of given compounds [13]. Currently, the encapsulation process of sensitive substances is well-developed and willingly applied in the pharmaceutical, chemical, cosmetic, food, as well as printing industries. Substances undergoing the encapsulation process include fats, oils, fragrance compounds, oleoresins, vitamins, minerals, enzymes and colorants [8]. In the food industry, stable and permanent capsules may not only be employed in the production of functional foods, but also to enrich traditional foods, like mousses, yoghurts, kefir or fruit juices in bioactive substances [21,22].

The objective of this study was to determine the antioxidant capacity and the polyphenol content of nanocapsules (spherical micellar nanostructures) containing chokeberry pomace extracts within their core. Additionally, the aim of the study was to assess the extraction methods applied to the features (antioxidant properties and polyphenol content) of the examined structures.

Materials and research methods

Research material

The research material consisted of egg powder (BakePlus, Stalowa Wola, Poland) enriched with encapsulated chokeberry pomace (HORTINO ZPOW Leżajsk Sp. z o.o., Leżajsk, Poland) extracts (encapsulated pomace EP) and egg powder enriched with non-encapsulated extracts (non-encapsulated pomace NEP).

Preparation of extracts from chokeberry pomace

A sample of lyophilized (Gamma 1-16, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Germany), ground (A 10, IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen im Breisgau, Germany) and sieved (Laboratory shaker LPzE-2e, Multiserv-Morek Jan Morek, Poland) chokeberry pomace was extracted with 80 % (v/v) ethanol (Chempur, Poland) (extracting solution) for 30 minutes in an ultrasonic bath (Sonic-6D, Polsonic Palczyński Sp. J., Warsaw, Poland) at water temperature of 25 °C, followed by 5-minute centrifuging at 3,500 rpm (MPW-223e, MPW Med. Instruments, Warsaw, Poland). The supernatant was transferred to a vessel, while the precipitate was extracted and centrifuged twice, as described above. The ratio of the sample to extracting solution was 1:10 (m/v). The collected extracts were combined and concentrated in a vacuum evaporator (RVO 200 A, INGOS s.r.o., Czech Republic) at 40 °C. The residue was dissolved in 80 % (v/v) ethanol and made up to a volume equal to the volume of extracting solution used in each extraction step.

Obtaining egg powder enriched with chokeberry extract

Method of producing egg powder enriched with chokeberry extract not encapsulated in nanostructures (NEP)

An aqueous suspension of egg yolk powder (BakePlus, Stalowa Wola, Poland) (8 g powder in 16 g H₂O) was mixed with an aqueous suspension of egg white powder (BakePlus, Stalowa Wola, Poland) (3 g powder in 27 g H₂O) using a magnetic stirrer (Heidolph RZR 2020, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Germany) and then 10 g virgin rapeseed oil (Kujawski, Bunge Polska sp. z. o.o.) was added. To the resulting mixture, 14.5 g of ethanolic extract of chokeberry pomace was gradually added. The resulting emulsion was lyophilized. A NEP sample was taken.

Method of producing egg powder enriched with chokeberry extract encapsulated in nanostructures (EP)

Firstly, 14.5 g of ethanol extract from chokeberry pomace was mixed with 10 g of virgin rapeseed oil (Kujawski, Bunge Polska sp. z. o.o.) and sonified using an ultrasonic homogenizer (20 kHz, Sonopuls HD 4200, Bandelin, Berlin, Germany) until a stable emulsion was obtained. Next, an aqueous suspension of egg yolk powder (8 g powder in 16 g H₂O) was added and homogenized (Polytron PT 2500 E, Kinematica AG, Malters, Switzerland). After obtaining a homogeneous emulsion, a suspension of egg white powder (3 g powder in 27 g H₂O) was added. The homogenization continued until a stable emulsion was achieved. The resulting emulsion was then lyophilized, resulting in a EP sample.

Preparation of extracts from NEP and EP samples for determination of polyphenol content and antioxidant activity

The extraction of enriched egg powders for the quantitative assessment of polyphenol content and antioxidant activity was conducted in three variants. For each method, 1 g of raw material was weighed with an accuracy of 0.001 g in a flat-bottom-flask and 20 cm³ of methanol (80 % v/v) (Chempur, Poland) was added to the weighed amount. For the first extraction method, the prepared samples were boiled (65 °C) for 30 minutes with vapor recovery (heat extraction HE). Ultrasound assisted extraction (UE) was carried out by setting the methanol-soaked samples in an ultrasonic cleaner (SONIC 6, Polsonic, Poland) and incubating them for 30 minutes at room temperature and frequency of 50 kHz. In the third extraction approach, the samples of enriched egg powder were shaken (shaking extraction SE) (shaking water bath JWE 357, JWElectronic, Poland) for 24 hours at room temperature. Following the extraction, the mixtures were infiltrated to a volumetric flask (50 cm³), which was subsequently filled with 80 % (v/v) methanol solution. Thereafter, the solutions were centrifuged at 1,500 rpm for 10 minutes (centrifuge MPW - 350R, MPW Med. Instruments, Poland). After-

wards, the supernatants were collected for the antioxidant activity and polyphenol content quantitative assays. The prepared extracts were stored for about one week at a temperature of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ until the time of the experiments.

Methods

Total polyphenols (TP) and phenols profile

The total polyphenol content in methanol extracts was examined using Folin-Ciocalteu, following the procedure described by Singelton et al. [20]. A certain amount of extract (0.5 cm^3) was combined with Folin-Ciocalteu reagent (0.125 cm^3) (Chempur, Poland) and 25 % solution of sodium carbonate (0.25 cm^3) (Eurochem, Poland). After mixing and one-hour incubation at room temperature, in darkness, the absorbance at 760 nm was measured. The total polyphenols were calculated using a standard curve, which was prepared for (+)-Catechin. The measurement was conducted in four repetitions, the result was present in mg/g dry content of the material tested.

The content of main phenolic compound groups, like phenylpropanoids, phenyls, flavonoids and anthocyanins, were assessed using the approach presented by Fukumoto and Mazza [7]. The sample for the test was prepared by combining 0.25 cm^3 of a methanol extract with 0.25 cm^3 of a 0.1 % HCl solution (Stanlab, Poland) (dissolved in a 96 % ethanol solution) and 4.5 cm^3 of a 2 % HCl solution (dissolved in water). For the purpose of assessing the content of phenols, flavonoids, phenylpropanoids and anthocyanins, the absorbance of the prepared solutions was measured at 280 nm, 320 nm, 360 nm and 520 nm, respectively. The results were converted by employing the molar absorbance (ϵ) of respective reference solutions: caffeic acid (CF $0.887\text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) for phenylpropanoids, chlorogenic acid (CA $0.264\text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) for phenols, quercetin (Q $0.513\text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) for flavonoids and cyanidin (C $0.645\text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) for anthocyanins. The measurements were performed four times for each sample type. The result was expressed in mg/100 g of dry mass of test material (mg/100 g d.m.).

Antioxidant activity by DPPH \cdot , ABTS $^{+\cdot}$ free radical methods and FRAP assay

The antioxidant activity of enriched egg powder methanol extracts was assessed using ABTS $^{+\cdot}$ (2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (Sigma-Aldrich, USA) radical cation and DPPH \cdot (diphenylpicryl-hydrazyl) (Sigma-Aldrich, USA) free radical following the procedure described by Miller et al. [15] and Brand-Williams [16]. In the case of measuring the antioxidant capacity of the research material towards DPPH \cdot radical, the absorbance at 516 nm wavelength was measured 10 minutes after adding the solution of radical ($3\text{ cm}^3\text{ }0.1\text{ M DPPH}\cdot$) to 1 cm^3 of the extract. When using the second type of radical, the absorbance was measured at 734 nm wavelength, 10 minutes after combining 1 cm^3 of the extract and 2 cm^3 of ABTS $^{+\cdot}$. Where necessary, the sample solutions were diluted. Each measurement was taken four times for each

sample. The antioxidant activity of enriched egg powder was expressed in μM of Trolox per gram of dry mass of research material (μM trolox/g d.m.).

The assessment of antioxidant activity by FRAP (Sigma-Aldrich, USA) method was conducted following Benzie and Strain procedure [2]. A 3.6 cm^3 FRAP reagent, which was comprised of acetate buffer (Chempur, Poland), iron(III) chloride FeCl_3 (Lach-Ner, Czech Republic), TPTZ (2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine solution) (Sigma-Aldrich, Switzerland) in 10:1:1 volume ratio was added to 0.4 cm^3 of a methanol extract. The samples were incubated for 10 minutes at a temperature of $37\text{ }^\circ\text{C}$. Afterwards, the samples were cooled down, centrifuged and their absorbance was measured at 595 nm wavelength. The assay was repeated three times. The results were expressed in mmol Fe^{2+} per g of dry mass of the material.

Statistical analysis

To determine statistical differences between the means, the data was subjected to a one-factor analysis of variance and the Duncan's Multiple Range test at a significance level of 0.05. The influence of the analyzed factors (the extraction method, the type of egg powder) was assessed with the use of two-way ANOVA. The normality of distributions was checked using the Shapiro-Wilk test, and the homogeneity of variances was checked using Levene's test. All calculations were done with a statistical software package Statistica 13.3 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Results and their discussion

Total polyphenols and phenols profile

Phenolic compounds are widely distributed in nature, especially in plants, which produce high amounts of these compounds. Due to the presence of hydroxylic groups, they exhibit antioxidant properties. These compounds easily decompose (e.g. through oxidation or hydrolysis). They can also form covalent and non-covalent complexes with different compounds [6]. Furthermore, it has been reported that phenolic compounds play a vital role in the lipid peroxidation stabilization. [24]. Hence, it is relevant to assess the amount of these compounds in the prepared samples of the extracted chokeberry pomace enriched with an egg powder, as it relates to the health-promoting activity of the product.

The contents of the total polyphenols (TP) assessed in both egg powders - with encapsulated extract (EP) and with non-encapsulated extract (NEP) - are presented in table 1. TP values range from 244.12 to 303.19 $\text{mg}/100\text{ g d.m.}$, depending on the powder type and applied extraction method. Statistically, no difference was shown, except for the lowest result, obtained for the EP egg powder, subjected to stirring extraction at room temperature (SE).

Table 1. Content of polyphenols and anti-oxidant activities of enriched egg powder

Tabela 1 Zawartość polifenoli i działanie przeciwutleniające wzbogaconego proszku jajecznego

Type of egg powder / Rodzaj proszku jajecznego	Extraction method / Metoda ekstrakcji	Total polyphenols / Suma polifenoli mg/100 g d.m.	Anthocyanins / Antocyjany mg/100 g d.m.	Flavonoids / Flawonoidy mg/100 g d.m.	Phenylpropanoids mg/100 g d.m.	Phenols / Fenole mg/100 g d.m.	DPPH [•] μM trolox/g d.m.	ABTS ^{•+} μM trolox/g d.m.	FRAP μM Fe ²⁺ /g d.m.
EP	HE	297.11± 7.79 ^b	191.37±3.14 ^{ab}	190.37±15.50 ^c	175.99±12.53 ^b	1154.50±56.87 ^b	142.93±7.28 ^a	268.03±10.67 ^{bc}	48.69±1.28
	UE	301.54± 3.02 ^b	197.98±9.59 ^{bc}	205.34±17.54 ^c	186.25±13.14 ^b	1205.32±65.42 ^b	170.24±37.41 ^b	272.65±14.69 ^c	48.22±1.37
	SE	244.12± 10.43 ^a	200.65±18.73 ^{bc}	106.35±16.90 ^b	123.02±14.40 ^a	966.05±70.85 ^a	144.42±5.01 ^a	256.26±10.50 ^b	48.93±3.29
NEP	HE	303.19± 16.56 ^b	212.67±14.87 ^c	235.02±24.92 ^d	210.94±22.16 ^c	1332.37±124.26 ^c	135.73±2.58 ^a	263.17±1.75 ^{bc}	46.20±2.42
	UE	296.81± 4.17 ^b	194.35±8.61 ^{abc}	195.42±8.32 ^c	178.36±7.48 ^b	1160.91±43.81 ^b	146.62±5.94 ^{ab}	268.64±10.90 ^{bc}	46.63±0.73
	SE	293.75± 10.03 ^b	177.81±8.98 ^a	78.60±8.12 ^a	105.12±7.44 ^a	863.82±39.13 ^a	129.26±2.05 ^a	236.53±4.76 ^a	46.23±1.90
One-way ANOVA - <i>p</i>		< 0.001	0.016	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.035	0.001	0.216

Two-way ANOVA - <i>p</i>								
Factor A (Type of egg powder / Rodzaj proszku jajecznego)	< 0.001	0.723	0.731	0.594	0.729	0.030	0.029	0.013
Factor B (Extraction method / Metoda ekstrakcji)	< 0.001	0.122	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.028	< 0.001	0.986
Factor A x Factor B	< 0.001	0.005	0.001	0.003	0.003	0.597	0.229	0.843

Explanatory notes / objaśnienia:

The mean value of four replications \pm standard deviation. The mean values designated with the same letters in particular columns do not differ significantly at 0.05 level of confidence. EP – egg powder with encapsulated extract; NEP - egg powder with non-encapsulated extract; HE – heat extraction; UE – ultrasonic extraction; SE – 24-hour extraction at room temperature with shaking. Średnia wartość z czterech powtórzeń \pm odchylenie standardowe. Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych kolumnach nie różnią się istotnie przy poziomie ufności 0,05. EP – proszek jajeczny z ekstraktem kapsułkowanym; NEP – proszek jajeczny z ekstraktem niekapsułkowanym; HE – ekstrakcja ciepła; UE – ekstrakcja ultradźwiękowa; SE – ekstrakcja 24 godzinna w temperaturze pokojowej z wytrząsaniem.

The two-factor analysis indicated that the first factor (the type of egg powder EP/NEP), as well as the second one (the type of extraction - HE/UE/SE) had an impact on the content of polyphenols in the studied material. Additionally, an interaction between these two factors also affected the amount of assessed polyphenols. However, no statistically significant differences in extraction efficiency of TP were observed between the applied extraction methods UE and HE for both powder types. The efficiency of SE was comparable with the other methods for the non-encapsulated extracts. Although, this method was significantly less efficient for the encapsulated extracts (the TP content was approximately 19% lower for SE, in comparison with the highest value that was obtained from EP, specifically, when UE was employed). This result implies that the structure of nanocapsules form a barrier that hampers polyphenol elution and the application of ultrasounds or high temperature appears to be sufficient to violate the structure of the capsules. It might be attributable to high affinity of polyphenols towards proteins and peptides, by non-covalent interactions, like electrostatic interactions, hydrophobic interactions, hydrogen bonding and π - π stacking [9].

Diverse chemical, physical properties and omni-directional biological activity of polyphenolic compounds are caused by the diversity of their chemical structures. The several groups of phenolic compound contents (anthocyanins, flavonoids, phenylpropanoids, phenols) in the examined egg powders are shown in table 1.

In the case of anthocyanins, the content oscillated between 177.81 and 212.67 mg/100 g d.m., depending on the powder type and the extraction method. The lowest and the highest values were both obtained for the egg powder enriched with the non-encapsulated chokeberry extract (NEP). The EP powders in turn were marked by intermediate values, regardless of the extraction type.

The two-factor analysis indicated that both the type of egg powder (EP/NEP) and the extraction type (HE/UE/SE) had no influence on the content of anthocyanins in the sampled material. However, the interaction of these two factors exhibited an influence, which suggests that the selection of an appropriate extraction method, depending on the analyzed powder type, is vital. For the encapsulated preparations, the highest amount of anthocyanins was obtained by UE and SE, while the lowest content was observed in the samples isolated by heat extraction. For the non-encapsulated preparations, the relationship between anthocyanins content and extraction method was opposite - the most efficient was HE, whereas UE and SE, respectively, proved to be less effective.

Considering the changes of flavonoid, phenylpropanoid and phenols content in the enriched egg powders, depending on the preparation type and extraction method employed, the trend appears to be very alike. The lowest contents of these phenolic compounds were assessed in the NEP powder, when SE was employed, whereas the highest amounts characterized the same preparation, when HE was applied. As demon-

strated in the two-factor analysis, the obtained results were influenced by the extraction type and the interaction of the sample type and the extraction type. However, it was showed that the egg powder type did not affect the content.

In the case of the encapsulated preparations, the HE and UE methods proved to be comparable, whereas the lowest values were obtained using SE (the percentage decrease of content for flavonoids, phenylpropanoids and phenols relative to the HE was approximately 44 %, 30 % and 16 %, respectively). For the non-encapsulated preparations, the extraction efficacy was as follows: HE > UE > SE. The content of flavonoids, phenylpropanoids and phenols was significantly lower in the case of SE, approximately by 66 %, 50 % and 35 % respectively, compared to HE. When SE was applied to the EP and NEP preparations, the content of respective phenolic compounds declined in the following order: flavonoids > phenylpropanoids > phenols, whereby a higher decrease was observed for the powders with non-encapsulated chokeberry pomace extract.

The application of a physical factor such as ultrasounds or high temperature appears to be relevant for the efficient extraction of flavonoids, phenols and phenylpropanoids, regardless of the preparation form (capsulated/non-encapsulated). For the non-encapsulated preparations, employing the high temperature yielded in the relatively highest extraction efficiency. In the case of the encapsulated preparations, the assessed amounts of the studied compounds for the ultrasonic method and heat method, were not statistically different, however, there was a tendency towards higher values for the ultrasonic method, which indicates that the capsules might be more prone to ultrasound than heat degradation.

During the assessment of individual polyphenol groups in a tested material, one must be mindful of the variable efficacy of solvents used for polyphenol extractions. As reported by Covan [3], ethanol is the most commonly used solvent for flavonoids and tannins extraction, whereas the application of methanol allows for the isolation of anthocyanins, tannins, flavons and different polyphenol compounds. Acetone in turn is utilized for flavonoid extraction.

Antioxidant activity by DPPH[•], ABTS^{•+} free radical methods and FRAP assay

Oxidative metabolism is essential for cell survival. As an effect of this mechanism, reactive oxygen species (ROS) are formed, which in oxidative stress conditions, might induce oxidative alterations adverse for our body (i.e. DNA, lipid and protein oxidation) [18]. The human body is endowed with endogenous defensive mechanisms, including enzymes such as superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase [23]. Apart from these mechanisms, it is essential to consume antioxidants with one's diet. The antioxidant activity cannot be accurately assessed with one antioxidant test

without considering a few variables (i.e. the sample preparation method, reagents concentration, reaction time, pH), which influence the results.

For the objective assessment of polyphenol antioxidant activity, the employment of different tests is required. On this account, for the analysis of the examined extracts from egg preparations, three tests were carried out, two of which used radicals (DPPH[•] and ABTS^{•+}), while one (FRAP) was based on the reduction of iron(III) ion. The obtained results are presented in the table 1.

The antioxidative potential values of the examined preparations, measured relative to DPPH[•] radical, ranged between 129.26 μM Trolox/g d.m. to 170.24 μM Trolox/g d.m., which corresponds to the percent of the extinguished radical (% RDS) from 34.5 % to 46.5 %. The obtained results are not statistically different, except for the highest value, which was observed for the encapsulated preparation, after extraction using ultrasounds. The two-way ANOVA indicated no interaction between the sample type and extraction method in terms of impacting the results obtained. However, the influence of each factor alone was confirmed. In the course of the analysis performed for the individual preparations (EP, NEP), the highest values in both cases were obtained by employing UE, whereby the value acquired for NEP does not differ considerably from the results for HE and SE, which in turn do not differ statistically. A similar tendency was noted for the total polyphenol content.

The antioxidative potential of the analyzed materials regarding ABTS^{•+} radical cation changed in a wider range than towards DPPH[•]. Although, like for DPPH[•], the lowest value was obtained for the NEP egg powder, subjected to SE and the highest for EP, after UE. The two-way ANOVA is in line with DPPH[•] results. It did not confirm the impact of factors interaction, only the impacts of each of them. The antioxidative activity of the encapsulated preparations towards ABTS^{•+} was in the following sequence: UE>HE>SE. For the non-encapsulated preparations, the highest activity was achieved for UE and HE. Despite no statistical differences between these samples, the mean values indicate the same tendency as for encapsulated preparations (UE>HE>SE).

The mean values of antioxidative capacity obtained by the FRAP method did not show statistical differences, nevertheless the values obtained for the powders, where the chokeberry extract was not encapsulated (NEP), were lower than for the powders with encapsulated extract (EP). The differences ranged from 1.59 to 2.70 M Fe²⁺/g d.m., depending on the extraction method. The two-way ANOVA indicated statistically significant influence only of the powder type. The influence of the extraction, as well as of the interaction of extraction method and powder type was not shown.

Conclusions

1. Currently, customer interest in natural, plant antioxidants is increasing due to their medicinal properties and a safer nature compared to synthetic preparations. However, the use of these compounds is limited by many factors. It was shown that nanocarriers (including nanoparticles based on lipids and proteins) are excellent materials for encapsulating phenolic compounds because they improve their bioavailability and prevent degradation induced by the external environment.
2. The encapsulation of fruit extracts in a protein shell appears to act in a protective manner on the antioxidant compounds present in the extract. In the case of the heat extraction, it is possible that a protein shell denatures and hence the elution of the assessed compounds outwards might be restrained. This in turn lowers the assessed content for the egg powder, where the extract was encapsulated. The two other extraction methods yielded in higher values for the EP powder.
3. As for the antioxidant analysis, it can be stated that the results obtained were dependent not only on the preparation type, but also on the extraction method, as well as on the interaction of these two variables and the influence varies for the individual compound groups (total polyphenols, anthocyanins, flavonoids, phenylpropanoids, phenols). In the case of the TP content, all factors were shown to have an impact and the results obtained did not differ statistically (except for the EP powder after the SE extraction). The content of anthocyanins was impacted only by the interaction of the factors considered. On the other hand, the other analyzed groups of antioxidants depended on both the interaction, as well as the extraction method. For every assessed group, the lowest amount was assessed for the NEP egg powder after the SE extraction. For EP powders after the same extraction method, low amounts of phenylpropanoids and phenols were also noticed. The highest values for individual compound groups were obtained for NEP powder after the HE extraction.
4. The antioxidative potential measured by three separate methods was affected by the powder type. The result of DPPH[•] and ABTS^{•+} radical assays was impacted by the extraction method. The FRAP test showed no statistical difference. The DPPH[•] antioxidative potential was not very statistically diversified. The EP powder constituted an exception, where ultrasound assisted extraction yielded in the highest values than in the other cases. The lowest antioxidative capacity measured towards ABTS^{•+} radical was achieved for the NEP powder, extracted by SE, while the highest results were associated to the EP powder extracted with UE.
5. To conclude, in the present study, the highest amounts of most examined compounds (regardless of the powder type) were achieved by heat extraction (HE). The lowest values were obtained by stirring the solution at room temperature. The

highest antioxidative potential towards radicals was assessed when ultrasounds were used as the extraction factor.

6. The featured results of the study support the claim that the extraction method applied in the phase of preparing samples for the quantitative analysis of antioxidants is of great importance for determining the antioxidant compound content and antioxidant capacity. Hence, it is indispensable to precisely describe the method, as well as the material preparation conditions, when presenting the results from this field realm.

Badania przeprowadzono w ramach projektu „Wykorzystanie technologii nano-kapsulkowania do wzbogacania makaronów w składniki bioaktywne pochodzące z wytlóków owocowych stanowiących produkt uboczny w produkcji soków”, finansowanego ze środków Ministra Nauki, w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje” (SKN/SP/569867/2023).

References

- [1] Anand S., Sowbhagya, R., Ansari A.A., Alzohairy M. A., Alomary M. N., Almalik A. I., Ahmad W., Tripathi T., Elderderly A.Y.: Polyphenols and their nanoformulations: protective effects against human diseases. *Life*, 2022, 10(12), #1639.
- [2] Benzie I. F., Strain, J. J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 1996, 1(239), 70-76.
- [3] Cowan M. M.: Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.*, 1999, 4(12), 564-582.
- [4] Cui, F., Zhang H., Wang D., Tan X., Li X., Li Y., Li J., Li T.: Advances in the preparation and application of microencapsulation to protect food functional ingredients. *Food Funct.*, 2023, 15(14), 6766-6783.
- [5] Czernyszewicz E., Komor A., Białoskurski S., Wróblewska W., Pawlak J., Goliszek A.: Trendy konsumpcyjne na rynku żywności: wybrane zagadnienia. Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium“, 2022, pp. 5-9.
- [6] Doğan S., Arslan O., Özen F.: Polyphenol oxidase activity of oregano at different stages. *Food Chem.*, 2005, 2(91), 341-345.
- [7] Fukumoto L. R., Mazza G.: Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J. Agr. Food Chem.*, 2000, 8(48), 3597-3604.
- [8] Gibbs B. F., Kermasha S., Alli I., Mulligan C. N.: Encapsulation in the food industry: a review. *Int. J. Food Sci. Nut.*, 1999, 3(50), 213-224.
- [9] Guo Y., Sun Q., Wu F. G., Dai Y., Chen X.: Polyphenol-containing nanoparticles: synthesis, properties, and therapeutic delivery. *Adv. Mater.*, 22(33), #2007356.
- [10] Janik M., Hanula M., Khachatryan K., Khachatryan G.: Nano-microcapsules, liposomes, and micelles in polysaccharide carriers: applications in food technology. *Appl. Sci.*, 2023, 21(13), #11610.
- [11] Kasote D. M., Katyare S. S., Hegde M. V., Bae H.: Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. *Int. J. Biol. Sci.*, 2015, 8(11), 982-991.
- [12] Kawecka L., Galus S.: Fruit pomace - characteristics and possibilities of recycling. *Tech. Prog. Food Process.*, 2021, 1, 156-167.
- [13] Madene A., Jacquot M., Scher J., Desobry S.: Flavour encapsulation and controlled release – a review. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 2006, 1(41), 1-21.

- [14] Mieszczakowska-Frać M., Celejewska K., Siarkowski S., Rutkowi K.P. 2023. Minimalizowanie bioodpadów i zużycia wody przy produkcji i przetwarzaniu owoców i warzyw. Broszura informacyjna Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2023, pp. 15-19.
- [15] Miller N. J., Sampson J., Candeias L. P., Bramley P. M., Rice-Evans C. A.: Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS letters*, 1996, 3(384), 240-242.
- [16] Pękal A., Pyrżyńska K.: Effect of pH and metal ions on DPPH radical scavenging activity of tea. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2015, 1(66), 58-62.
- [17] Rostami M. R., Yousefi M., Khezerlou A., Mohammadi A.M., Jafari S.M.: Application of different biopolymers for nanoencapsulation of antioxidants via electrohydrodynamic processes. *Food Hydrocolloids*, 2019, 97, 105170.
- [18] Ścibior-Bentkowska D., Czeczot H.: Cancer cells and oxidative stress. *Postępy Hig. Med. Dosw.*, 2009, 63, 58-72.
- [19] Shishir M.R.I., Xie L., Sun C., Zheng X., Chen W.: Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters. *Trends Food Sci. Tech.*, 2018, 78, 34-60.
- [20] Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Method Enzymol.*, 1999, 299, 152-178.
- [21] Stach M., Kolniak-Ostek J.: The influence of the use of different polysaccharide coatings on the stability of phenolic compounds and antioxidant capacity of chokeberry hydrogel microcapsules obtained by indirect extrusion. *Foods*, 2023, 3(12), #515.
- [22] Turek K, Khachatryan G., Khachatryan K., Krystyan M.: An innovative method for the production of yoghurt fortified with walnut oil nanocapsules and characteristics of functional properties in relation to conventional yoghurts. *Foods*, 2023, 20(12), #3842.
- [23] Weber J., Slemmer J., Shacka J., Sweeney M.: Antioxidants and free radical scavengers for the treatment of stroke, traumatic brain injury and aging. *Curr. Med. Chem.*, 2008, 4(15), 404-414.
- [24] Wu H., Bak K. H., Goran G.V., Tatiyaborworntam N.: Inhibitory mechanisms of polyphenols on heme protein-mediated lipid oxidation in muscle food: New insights and advances. *Crit. Rev. Food Sci.*, 2022, 30, 1-19.
- [25] Yang B., Dong Y. Wang F., Zhang Y.: Nanoformulations to enhance the bioavailability and physiological functions of polyphenols. *Molecules*, 2020, 25(20), #4613. i


WPLYW METOD EKSTRAKЦИИ NA OZNACZANIE ZAWARTOŚCI POLIFENOLI I DZIAŁANIA PRZECIWIUTLENIAJĄCEGO WZBOGACANEGO PROSZKU JAJECZNEGO

Streszczenie

Wprowadzenie. Wykorzystanie związków fenolowych jest ograniczone wieloma czynnikami, takimi jak niska rozpuszczalność, słaba przepuszczalność, labilność, szybkie uwalnianie, podatność na wpływy środowiska i niska biodostępność. Aby pokonać te ograniczenia, polifenole można zamknąć w lipidowych i białkowych nanocząsteczkach. W pracy zbadano nanokapsułki otrzymane z proszku jajecznego, wzbogacone ekstraktami z wyłoków aronii. W celu określenia wpływu metody ekstrakcji (ekstrakcja w podwyższonej temperaturze, ekstrakcja wspomaganą ultradźwiękami, ekstrakcja z mieszaniem) i procesu kapsułkowania ekstraktu owocowego określono zawartość związków przeciwutleniających (polifenole, antocyjany, fenylopropanoidy, związki fenolowe ogółem) oraz potencjał przeciwutleniający (z udziałem rodników DPPH[•], ABTS^{•+} i metodą FRAP) otrzymanych proszków.

Wyniki i wnioski. W niniejszym badaniu największe ilości większości badanych związków (niezależnie od rodzaju proszku) uzyskano poprzez ekstrakcję cieplną. Najniższe wartości uzyskano mieszając roztwory w temperaturze pokojowej. Największy potencjał antyoksydacyjny wobec badanych rodników

stwierdzono, gdy jako czynnik ekstrakcyjny zastosowano ultradźwięki. Ponadto wydaje się, że zamknięcie ekstraktów owocowych w otocze białkowej działa ochronnie na związki przeciwutleniające obecne w ekstrakcie. Wyniki potwierdzają, że metoda ekstrakcji zastosowana na etapie przygotowania próbek do analizy ma ogromne znaczenie w określeniu zawartości związków przeciwutleniających i zdolności antyoksydacyjnej badanych materiałów.

Słowa kluczowe: wyciągi owocowe, wzbogacanie, właściwości przeciwutleniające, polifenole, aronia 

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 30 czerwca 2024 r.

Polskie akty prawne

1. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej z dn. 26 lutego 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o Inspekcji Handlowej. (Dz. U. 2024 r, poz. 312).

Obwieszczenie zawiera jednolity tekst ustawy z dn. 15 grudnia 2000 r. o Inspekcji Handlowej.

Inspekcja jest wyspecjalizowanym organem kontroli powołanym do ochrony interesów i praw konsumentów oraz interesów gospodarczych państwa. Ustawa reguluje zasady i organizację Inspekcji, praw i obowiązki przedsiębiorców, zasady postępowania organów oraz praw i obowiązków Inspekcji.

2. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej z dn. 11 marca 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o Państwowej Inspekcji Sanitarnej. (Dz. U. 2024 r, poz. 416).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 14 marca 1985 r. o Państwowej Inspekcji Sanitarnej.

PIS została powołana do realizacji zadań z zakresu zdrowia publicznego, w szczególności poprzez sprawowanie nadzoru nad warunkami:

- higieny środowiska,
- higieny pracy w zakładach pracy,

- higieny radiacyjnej,
 - higieny procesów nauczania i wychowania,
 - higieny wypoczynku i rekreacji,
 - zdrowotnymi żywności, żywienia i produktów kosmetycznych,
 - higieniczno-sanitarnymi, jakie powinien spełniać personel medyczny, sprzęt oraz pomieszczenia, w których są udzielane świadczenia zdrowotne w celu ochrony zdrowia ludzkiego przed niekorzystnym wpływem szkodliwości i uciążliwości środowiskowej, zapobiegania powstawaniu chorób, w tym chorób zakaźnych i zawodowych.
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 13 marca 2024 r. w sprawie substancji wzbogacających dodawanych do żywności (Dz. U. 2024 r., poz. 420).
Rozporządzenie określa:
- środki spożywcze, do których są obligatoryjnie dodawane witaminy i składniki mineralne,
 - poziomy lub maksymalne poziomy witamin i składników mineralnych,
 - wykaz substancji innych niż witaminy i składniki mineralne zakazanych w produkcji środków spożywczych.
4. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej z dn. 11 marca 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie konkurencji i konsumentów. (Dz. U. 2024 r., poz. 594).
Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 16 lutego 2007 r. o ochronie konkurencji i konsumentów.
Ustawa określa warunki rozwoju i ochrony konkurencji oraz zasady podejmowanej w interesie publicznym ochrony interesów przedsiębiorców i konsumentów. Akt prawny reguluje zasady i tryb przeciwdziałania praktykom ograniczania konkurencji, praktykom naruszającym zbiorowy interes konsumentów.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2024/1053 z dn. 2 kwietnia 2024 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazw [„Wędzone jabłko sechłońskie” (ChOG)]. (DZ.U. UE L 2024 r., poz. 1053).
Komisja pozytywnie rozpatrzyła wniosek Polski o rejestrację nazwy „Wędzone jabłko sechłońskie” w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych. ☒

PODSUMOWANIE VIII SYMPOZJUM NAUKOWEGO Z CYKLU „BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOSCIOWE I ŻYWNOSCI”

W dniach 15 -17 kwietnia bieżącego roku w Ośrodku Szkoleniowo-Wypoczynkowym SGGW "Marymont" w Kirach (k. Zakopanego) odbyło się VIII Sympozjum Naukowe z cyklu „**Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności**”. Organizatorami Sympozjum był Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności SGGW w Warszawie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności - Zarząd Główny oraz Sekcja Bezpieczeństwa Żywności Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN. Patronat medialny nad tegorocznym Sympozjum objął portal Food Fakty. W wydarzeniu wzięło udział 27 osób reprezentujących (1) ośrodki naukowo-badawcze, takie jak: Uniwersytet Roniczy w Krakowie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Uniwersytet Rzeszowski, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego-Państwowy Instytut Badawczy, Uniwersytet Morski w Gdyni, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (2) Główny Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, (3) firmę oferującą wyposażenie laboratorium - Argenta sp. z o.o.

W trzech sesjach zaprezentowano łącznie 18 doniesień ustnych. W pierwszej sesji, której przewodniczył prof. dr hab. Tadeusz Sikora, wystąpiło 5 prelegentów. Tematyka wystąpień koncentrowała się m.in. wokół zagrożeń chemicznych w żywności ze szczególnym zwróceniem uwagi na obecność pestycydów w roślinnych suplementach diety, rtęci w ryżu oraz wybranych produktach ryżowych dostępnych na rynku polskim. Prezentowane w tej części tematy dotyczyły również zagrożeń mikrobiologicznych, w ziołach kulinarnych, tj. bazylii, oregano, rozmarynu i tymianek, czy w produktach sojowych, takich jak tofu, które ze względu na wysoką zawartość wody i białka jest szczególnie podatne na rozwój mikroorganizmów. W omawianej sesji, w jednym z wystąpień zaprezentowano badania modelowe dotyczące identyfikacji i oceny aktywności genu peroksydaz wybranych odmian grochu siewnego. Reprezentanci firmy Argenta zaprezentowali urządzenie Autof MS1000/MALDI-TOF służące do identyfikacji drobnoustrojów chorobotwórczych w żywności.

W drugiej sesji, której przewodniczyła prof. dr hab. Małgorzata Dżugan, kontynuowano omawianie zagadnień związanych z bezpieczeństwem żywności, ale w głównej mierze dotyczyły one produktów pochodzenia zwierzęcego. W tej części zostało

zaprezentowanych 7 doniesień, m.in. na temat wpływu zastosowania fasoli czerwonej oraz kultur bakteryjnych SAFEPRO® B-LC-20 na trwałość przechowalniczą surowych wyrobów z mięśni udowych indyków. Stałym punktem Sympozjum są prezentacje zespołów badaczy z Uniwersytetu Rzeszowskiego dotyczące miodów. W tym roku zostały zaprezenowane wyniki dotyczące właściwości przeciwwirusowych i przeciwbakteryjnych oraz jakości mikrobiologicznej miodów spadziowych, a także przedstawiono ocenę jakości miodów wprowadzanych na rynek województwa podkarpackiego w oparciu o wybrane parametry fizykochemiczne. Zaprezentowano także wyniki badań których celem było ustalenie zależności pomiędzy postawami i intencjami młodych konsumentów w Polsce (pokolenie Z) wobec żywności zawierającej w swoim składzie jadalne owady (świeże, mrożone, suszone, sproszkowane np. mączkę). W przeprowadzonych w tym zakresie badaniach starano się także odpowiedzieć na pytanie, czy troska o zdrowie i środowisko oraz postawy wobec żywności naturalnej będą powiązane z gotowością do spożywania żywności zawierającej w swoim składzie jadalne owady. Zainteresowanie uczestników Sympozjum wzbudziło doniesienie dotyczące surowców spożywczych pochodzących ze stanowisk naturalnych, zebranych na terenie lasów Wielkopolski. Zostały one zbadane pod kątem zanieczyszczenia ich pozostałościami pestycydów, metali ciężkich oraz mikotoksyn. W jednym z ostanich w tej sesji doniesień omówiono wyzwania związane z zapewnieniem bezpieczeństwa żywności podczas dystrybucji żywności w krajach takich jak: Polska, Indie i Ghana.

W ostatniej, trzeciej sesji Sympozjum "Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności", którą poprowadziła dr hab. Renata-Cegielska-Radziejewska, prof. UPP, zaprezentowano 6 doniesień ustnych. Tradycyjnie, w tej sesji dużo uwagi poświęcono bezpieczeństwu żywnościowemu i marnotrawstwu żywności. Przedstawiciel Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przedstawił wyniki badań przekrojowych dotyczących związku między brakiem bezpieczeństwa żywnościowego z różnych powodów, aktywnością fizyczną i wybranymi sytuacjami zdrowotnymi wśród osób starszych w Polsce. W jednym z doniesień ponownie uwaga została skoncentrowana na seniorach, tym razem w aspekcie spożycia kwasów tłuszczowych. Przedstawicielki SGGW w Warszawie zaprezentowały wyniki badań dotyczące sposobów zagospodarowania niespożytej żywności w ostatnich ogniwach łańcucha żywnościowego, tj. w zakładach gastronomicznych oraz w gospodarstwach domowych. W tej części Sympozjum zaprezentowano wyniki przeprowadzonej analizy literatury w zakresie technologii sous-vide oraz jej wpływu na jakość sensoryczną oraz bezpieczeństwo mikrobiologiczne przetwarzanych produktów żywnościowych. Jedym z podjętych w tym roku tematów była ocena spożycia napojów energetycznych wśród młodzieży szkół podstawowych.

Na zakończenie Sympozjum odbyło się posiedzenie Sekcji Bezpieczeństwa Żywności PAN, połączone z podsumowaniem sympozjum, któremu przewodniczyli prof.

dr hab. Małgorzata Karwowska oraz dr hab. Robert Gajda. Uczestnicy symposium podczas dyskusji zwrócili uwagę na konieczność współpracy ośrodków naukowo-badawczych w zakresie poprawy sposobu żywienia osób starszych.

Kameralna atmosfera, otoczenie przyrody sprawiły, że w czasie Symposium chętnie podejmowano wiele ciekawych i inspirujących dyskusji. Pozostaje mieć nadzieję, że zaprezentowane rozwiązania, czy rekomendacje przyczynią się do poprawy bezpieczeństwa żywności i żywnościowego w naszym kraju.

Dr hab. Marzena Tomaszewska

PODSUMOWANIE XIV KROKUSOWE SYMPOZJUM NAUKOWEGO Z CYKLU „PROBIOTYKI I PREBIOTYKI W ŻYWNOSCI”

W dniach 17-19 kwietnia 2024 r. odbyło się XIV Krokusowe Sympozjum Naukowe „Probiotyki i Prebiotyki w Żywności”, organizowane tradycyjnie w Kirach koło Zakopanego w Ośrodku SGGW „Marymont”. Uczestnicy Sympozjum reprezentowali następujące ośrodki naukowe: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Akademia Ekonomiczna – Humanistyczna w Warszawie, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego – PIB, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Politechnika Łódzka, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN oraz Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. Sympozjum rozpoczęło się uroczystą kolacją w dniu 17 kwietnia 2024 r. Następnego dnia uczestnicy wysłuchali 15 komunikatów naukowych. Część oficjalną zamknięto po dwóch sesjach obrad. Następnie uczestnicy zostali zaproszeni na wyjazd do Zakopanego i zwiedzenie Willi Koliba, będącej pierwszym domem w stylu zakopiańskim. Obfitujący w wydarzenia dzień zamknęła uroczysta kolacja. W trzecim dniu Sympozjum kontynuowano obrady. Wysłuchano siedem referatów. Wkrótce potem Pani Profesor Joanna Stadnik, Prezes Zarządu Głównego Polskie Towarzystwo Technologów Żywności dokonała podsumowania Sympozjum: *„W trakcie Sympozjum zaprezentowano wyniki badań dotyczące wielu różnorodnych obszarów. Mieliśmy prezentacje dotyczące żywności pochodzenia zwierzęcego jak i roślinnego, produktów tradycyjnych jak i innowacyjnych, stanowiących alternatywny dla produktów, które dobrze znamy. Poza tym prezentacje dotyczyły probiotyków, prebiotyków, ale też postbiotyków, które wypełniały hasło przewodnie Sympozjum „Probiotyki i Prebiotyki w Żywności.” Mamy nadzieję, że wszystkie osoby uczestniczące w tegorocznym Sympozjum odnalazły w prezentowanych tematach interesujące treści. Poziom Naukowy w opinii Komitetu Naukowego był wysoki i zauważalny jest postęp w jakości prezentowanych doniesień i stopień złożoności badań. Dziękuję prelegentom i osobom, które włożyły trud w przygotowanie wystąpień, realizację badań, przyjazd i przedstawienie prezentacji. Myślę, że wszystkie uwagi, które otrzymaliście będą cenne i zostaną wykorzystane do dalszego rozwoju. Dziękuję osobom zaangażowanym w dyskusję i zadającym pytania, udzielającym wskazówek, ponieważ w wielu przypadkach okazały się cenne dla osób głoszących. Wszystkim Państwu dziękuję za przygotowanie referatów i osobom uczestniczącym w obradach.”* Pani

Profesor Joanna Stadnik przypomniała także, iż przygotowano specjalną ofertę dla uczestników Sympozjum, którzy mogą opublikować wyniki prezentowanych doniesień w czasopiśmie PTTŻ „Żywność Nauka Technologia Jakość”. Następnie głos zabrali Pani Profesor Elżbieta Klewicka oraz Profesor Zbigniew Dolatowski, a także Profesor Katarzyna Śliżewska. Zaproszono również uczestników na dwa nadchodzące wydarzenia FoodFakty Summit 2024 (6-7.11.2024, Łódź) oraz Konferencję „Żywność Żywnienie Dietetyka” w temacie „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne” (21-22.11.2024, Częstochowa). W dalszej kolejności wręczono również wyróżnienia za najlepsze wystąpienia. Nagrodę główną ufundował Oddział Łódzki PTTŻ. Nagrodę za najlepsze wystąpienie podczas Sympozjum zdobyła mgr Wioletta Mosiej, reprezentująca Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, która zaprezentowała temat „*Wpływ mieszaniny bakterii fermentacji mlekowej na modulację mikrobioty jelitowej i wybrane metabolity w modelu przewodu pokarmowego (SHIME®)*”. Ponadto wyróżniono wystąpienia dwóch prelegentów – dr inż. Lidii Piekarskiej-Radzik (Politechnika Łódzka): „*Wpływ supernatantów po hodowli probiotycznych bakterii kwasu mlekowego oraz ekstraktów z Rosa spp. na zdolność tworzenia biofilmu przez bakterie z rodzaju Staphylococcus*” oraz dr Justyny Libery (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie): „*Wiedza młodzieży z lubelskich szkół średnich na temat wykorzystania bakterii kwasu mlekowego i probiotyków w technologii żywności*”. Przedostatnim punktem Sympozjum było posiedzenie Sekcji Probiotyki i Prebiotyki PTTŻ, które poprowadziły Panie Przewodniczące: dr hab. inż. Dorota Zielińska, prof. SGGW i prof. dr hab. inż. Elżbieta Klewicka. Na koniec wręczono wszystkim uczestnikom dyplomy oraz podziękowania i zaproszono uczestników na przyszłoroczne jubileuszowe XV Sympozjum Naukowe, które odbędzie się tradycyjnie w drugiej połowie kwietnia 2025 roku. Już dziś zapraszamy wszystkich Państwa!

Marcelina Karbowiak

XXVIII SESJA MŁODEJ KADRY NAUKOWEJ PTTŻ ZAWITAŁA W GDAŃSKU



XXVIII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej „Żywność wobec wyzwań współczesnego świata”

GDAŃSK 16-17.05.2024



W tym roku, to w murach Politechniki Gdańskiej obradowano w gronie młodych naukowców z całego kraju oraz z zagranicy. Druga połowa maja w przypadku Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ zawsze gromadzi swoich członków, goszcząc w różnych Oddziałach na terenie Polski. W dniach 16-17. maja 2024 r. gościliśmy w słonecznym Gdańsku, ciesząc się przyjazną atmosferą i otwartością tego miejsca.

XXVIII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej pod hasłem "Żywność wobec wyzwań współczesnego świata" i XIth International Session of Young Scientific Staff 'Food in the face of the challenges of the modern world' zebrały aż 126 uczestników, w tym niemal 80 młodych prelegentów dzielących się swoimi doświadczeniami z zakresu technologii żywności, analizy żywności, żywienia i wszelkimi związanymi z tą dyscypliną problemami i ciekawostkami.

Gdańskie spotkanie Młodych Naukowców zostało objęte patronatem honorowym przez JM Rektora Politechniki Gdańskiej prof. dr hab. inż. Krzysztofa Wilde, Marszałka Województwa Pomorskiego Pana Mieczysława Struka, Prezydenta Miasta Gdańska, oraz patronatem medialnym przez www.gdansk.pl oraz Radio Gdańsk. Konferencja uzyskała również niezwykle pomocne wsparcie sponsorów: Merck, Donserv, LPP equipment, Młyny Gdańskie, oraz dofinansowanie ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki na podstawie umowy nr KONF/SN/0336/2023/01 w ramach środków przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę w ramach programu „Doskonała Nauka II”; nazwa projektu „XXVIII Sesja Naukowa Młodej Kadry Naukowej”.

Sesja Młodych od lat jest znaczącym wydarzeniem na krajowej mapie konferencji. Jej główny cel, a więc zacieśnienie więzi, nawiązanie wartościowych kontaktów na przyszłość i wymiana doświadczeń okazują się mieć zdecydowanie istotne znaczenie w dobie cyfryzacji i przyspieszającego tempa życia, również na Uniwersytetach. Połączenie zatem obu tych aspektów - naukowego i integracyjnego, daje szansę na dalszą, tak cenną komunikację pomiędzy kolejnymi pokoleniami naukowców w Polsce.

Tematycznie tegoroczna Sesja skupiła się wokół modyfikacji technologicznych i przemysłowych żywności, najnowszych trendów w przemyśle spożywczym, bioaktywnych składników żywności, chemii i analizy żywności, bezpieczeństwa żywności, innowacji w produkcji opakowań, biotechnologii i mikrobiologii żywności oraz zrównoważonego rozwoju.

Sesja Młodej Kadry Naukowej wiele dobrego zawdzięcza, niezmiennie, przyjaznemu i przyjacielskiemu wręcz, Komitetowi Naukowemu. W tym roku Komitet ten stanowili: prof. dr hab. inż. Joanna Stadnik (UP Lublin), prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita (UPWr Wrocław), prof. dr hab. inż. Danuta Kołożyn-Krajewska (SGGW Warszawa) prof. dr hab. inż. Małgorzata Nogala -Kałucka (UP Poznań), prof. dr hab. inż. Agnieszka Bartoszek (PG Gdańsk), prof. dr hab. Tadeusz Sikora (UE Kraków), prof. dr hab. inż. Lesław Juszczak (UR Kraków), prof. dr hab. inż. Małgorzata Dżugan (UR Rzeszów), dr hab. inż. Katarzyna Marciniak-Lukasiak, prof. uczelni (SGGW Warszawa), prof. UPP dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska (UP Poznań), dr hab. inż. Magdalena Skotnicka (GUMED Gdańsk), dr hab. inż. Hanna Staroszczyk, prof. uczelni (PG Gdańsk), dr hab. inż. Aleksandra Wilczyńska, prof. UMG (UM Gdynia), dr hab. inż. Edyta Malinowska-Pańczyk, prof. uczelni (PG Gdańsk), dr hab. inż. Dorota Martysiak-Żurowska, prof. uczelni (PG Gdańsk), dr hab. inż. Barbara Kusznerewicz, prof. uczelni (PG Gdańsk), dr inż. Agnieszka Palka (UM Gdynia).

W Sesji wzięli udział przedstawiciele wielu ośrodków naukowych: Politechniki Gdańskiej, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Akademii Łomżyńskiej, Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego - PIB w Warszawie, Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Laboratorium Analiz Chemicznych Spark-Lab Sp. z o.o. w Gdyni, Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego PZH – Państwowego Instytutu Badawczego, Politechniki Łódzkiej, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Sieci Badawczej Łukasiewicz – Łódzkiego Instytutu Technologicznego, Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Uniwersytetu Jana Długosza w Częstochowie, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Uniwersytetu w Białymstoku, Uniwersytetu Rzeszowskiego, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, oraz Ivodent Academy in Tirana (Albania), Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research (Norwegia), Univeristy of Bologna (Włochy), University of Aveiro (Portugalia).

Komitet Naukowy swoje obrady rozpoczął już 15. maja, na specjalne zaproszenie dr hab. inż. Edyty Malinowskiej-Pańczyk, prof. Uczelni.

Wzorem ubiegłych lat uczestników Sesji przywitały prof. dr hab. Joanna Stadnik - Prezes PTTŻ (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie), oraz dr inż. Monika Przeor - Przewodnicząca Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu), zachęcając do zasilania szeregów Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności i rozwijania naszego Towarzystwa.

Dzień polskojęzycznych obrad (XXVIII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej) przypadł na 16. maja, kiedy to ogłoszono 39 referatów i 22 e-posterów, w kilku sesjach tematycznych:

- Nowoczesne technologie – wpływ na jakość żywności,
- Pozaodżywcze działanie składników żywności,
- Mikroorganizmy w produkcji żywności – korzyści i zagrożenia,
- Innowacje w żywności pochodzenia zwierzęcego.

Sesje te poprzedziły wartościowe wykłady plenarne:

- Pani Aleksandry Kucharskiej z Narodowego Muzeum Morskiego w Gdańsku, pt. *„Do okruszyny ostatniej - gospodarowanie żywnością w epoce nowożytnej”*,
- Pana dr hab. Adama Macierzanki, prof. PG pt. *„Modele in vitro trawienia żywności i transportu składników odżywczych”*,
- Pani dr hab. Magdaleny Twaruzek, prof. UKW pt. *„Mikotoksyny w suplementach diety - ukryte ryzyko dla zdrowia konsumenta”*,

Z kolei 17. maja obrady prowadzono już po raz 11 w formie anglojęzycznej (XIth International Session of Young Scientific Staff), wsłuchując się w 12 referatów i 5 e-posterów, poprzedzonych interesującymi wykładami plenarnymi:

- prof. Rosario Domingues z University of Aveiro, Portugal, pt. *„Algae as an alternative source of lipids for sustainable and healthy food and diets”*,
- Trond Lovdal, PhD z NOFIMA, Norway, pt. *„Combination technologies for longer shelf life of seafood, nisin, chitosan and modified atmosphere”*.

Uczestnikom Sesji zaproponowano również udział w warsztatach tematycznych związanych z analizą żywności oraz udział w kolacji bankietowej dla zintegrowania uczestników spotkania.

Tradycją jest również, że spośród prelegentów Komitet Naukowy Sesji wyłania Laureatów w ramach konkursu doniesień. W ramach SMKN 2024 nagrody przyznano następującym osobom:

A) za referat w języku polskim:

- Justyna Szczepańska-Stolarczyk (IBPRS-PIB, Warszawa), *„Jakość mikrobiologiczna oraz zawartość składników bioaktywnych w ciśnieniowanych sokach marchwiowych podczas przechowywania”*,
- Emilia Szablowska (Akademia Łomżyńska), *„Wpływ dodatku mąki zołędzowej oraz metody prowadzenia ciasta na zmiany zawartości związków fenolo-*

wych w chlebach pszennych i żytnich” (+ bezpłatna publikacja w czasopiśmie *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*),

- Anna Pakulska (SGGW, Warszawa), „Ocena przydatności drożdży *Saccharomyces cerevisiae* do biosyntezy wewnątrzkomórkowego białka”,
- Małgorzata Latoszewska (SGGW, Warszawa), „Preparat białka drożdżowego (*Saccharomyces cerevisiae*) jako alternatywne białko funkcjonalne w przetwórstwie mięsa” (+ bezpłatna publikacja w *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*).

B) za referat w języku angielskim:

- Zhe Chen (IBPRS-PIB, Warszawa), „Enhancement in the storage quality of fresh-cut carrots and pumpkins using supercritical carbon dioxide treatment: Impact on microbial and enzyme activities and bioactive compounds”.

C) za e-poster w języku polskim:

- Urszula Trych (IBPRS-PIB, Warszawa), „Wpływ homogenizacji wysokociśnieniowej na biodostępność polifenoli i parametry fizyczne soku jabłkowego po symulacji trawienia w modelu *in vitro*”.
- Paulina Żmuda-Trzebiatowska (PG), „Badanie przemian strukturalnych mleka ludzkiego w symulowanym środowisku żołądka”.

D) za e-poster w języku angielskim:

- Hayat Haasen (UR, Kraków), „Quantification of atherosclerotic lesions in ApoE/LDLR^{-/-} Mice fed diets with fermented foods as a vitamin K dietary source”.

Na zakończenie obrad Przewodnicząca Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ przedstawiła nowe rozwiązania, które od tego roku pojawiły się w ramach Sekcji oraz cyklicznych Sesji majowych. Uczestnikom spotkania zaprezentowano po raz pierwszy oficjalne logo Sekcji Młodej Kadry Naukowej (w formie wydłużonej i skróconej), które odtąd w formie małej i dużej ścianki będzie umilać sesje naukowe oraz wydarzenia wspierane przez SMKN PTTŻ, a także stanowić element rozpoznawalności tej Sekcji.



Kolejnym wprowadzonym od tego roku rozwiązaniem jest specjalna forma nagradzania Laureatów Sesji. Począwszy od października 2024 roku, raz w miesiącu kolejno każdy z Laureatów będzie miał przyjemność wygłosić specjalny mini-wykład (tj. 30 minutowy) dla członków PTTŻ za pośrednictwem platformy ZOOM, z nagro-

dzzonego zakresu swojej pracy. Takie rozwiązanie zostało zaplanowane przez Sekcję dla rozpowszechnienia swojej działalności w kręgach młodych naukowców, z naciskiem na Szkoły Doktorskie kształcące w Polsce. Mamy nadzieję, że takie rozwiązania znajdą zainteresowanie wśród młodych naukowców i pozwolą dalej rozwijać Polskie Towarzystwo Technologów Żywności.

Z tego miejsca ogromne podziękowania należy skierować do całego Komitetu Organizacyjnego Konferencji, który starał się zachować znaną Młodym Naukowcom atmosferę otwartości i współpracy oraz ciekawie zorganizował to majowe wydarzenie, na czele z dr inż. Izabelą Koss-Mikołajczyk (PG, Gdańsk) i dr hab. inż. Edytą Malinowską-Pańczyk, prof. Uczelni - Prezes Oddziału Gdańskiego PTTZ (PG, Gdańsk).

Wszystkim Uczestnikom SMKN 2024 dziękujemy za liczną obecność, niezawodnemu Komitetowi Naukowemu – za wartościowe wsparcie merytoryczne i otwartość, zaś Laureatom nagród - serdecznie gratulujemy!

Kolejna Sesja Młodej Kadry Naukowej już za rok, tym razem w murach Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Zapraszamy już dziś!

*dr inż. Monika Przeor
Przewodnicząca Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Konferencja dofinansowana ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki na podstawie umowy nr KONF/SN/0336/2023/01 w ramach środków przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę w ramach programu „Doskonała Nauka II”; nazwa projektu „XXVIII Sesja Naukowa Młodej Kadry Naukowej”.



TECHNOLOG ŻYWNOSCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 34 Nr 2

czerwiec 2024

ZEBRANIE ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTTŻ XII KADENCJI

Dnia 25 marca 2024 r. odbyło się zebranie Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności XII kadencji w trybie zdalnym z wykorzystaniem środków teleinformatycznych. Spotkanie otworzyła Prezes Zarządu Głównego prof. Joanna Stadnik i powitała uczestników. Następnie Pani Prezes przedstawiła sprawozdanie z działalności Prezydium ZG PTTŻ w okresie kwiecień – maj 2024. W dalszej kolejności przedstawiono i przyjęto sprawozdania merytoryczne i finansowe z działalności PTTŻ za rok 2023. W ramach spraw organizacyjnych powołano Sekcję Analizy Sensorycznej Żywności. Następnie przedstawiono informacje o wynikach konkursu PTTŻ na najlepszą pracę doktorską z zakresu nauk o żywności obronioną w 2023 r. W dalszej kolejności przedstawiono informacje o składkach członkowskich za rok 2024. Na koniec Pani Prezes podsumowała spotkanie i podziękowała członkom Zarząd za uczestnictwo.

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE W ROKU 2024

Czerwiec

- 5 – 7 Ohrid, Macedonia – **The NUTRICON 2024 Congress**, dedicated to *Food Quality and Safety, Health and Nutrition*
Informacje: <https://keyevent.org/>
Kontakt: info@key.com.mk
- 26 – 28 Praga, Republika Czeska – “**9th Edition of innovations in Food Science and Human Nutrition (IFHN-2024)**”
Informacje: <https://foodscience-nutrition.org/>
- 27 – 28 czerwiec, Kraków – **Konferencja Naukowa „Przyszłość żywności czy żywność przyszłości?”** połączona z Jubileuszem 50-lecia Oddziału i Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Formularz zgłoszeniowy: <https://wtz.urk.edu.pl/jubileusz.html>
Informacje: tel: 012 662 47 72; e-mail: jubileusz_wtz@urk.edu.pl
Kontakt: dr Gabriela Zięć, tel. 782660493, e-mail: gabriela.ziec@urk.edu.pl

Lipiec

- 1 – 3 **Warszawa, VIII Sympozjum Inżynierii Żywności**
Organizatorzy: Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW w Warszawie, Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN, Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności oraz Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego,
Informacje: <https://wtz.sggw.edu.pl/viiiisiz>
Kontakt: e-mail: kizopsiz@sggw.edu.pl
- 8 – 11 **Burgos, Hiszpania – 28th International ICFMH Conference Food**
Organizator: International Committee on Food Microbiology and Hygiene (ICFMH)
Informacje: <https://foodmicro2024.com/home.php>

Wrzesień

- 8 – 12 **Rimini, Włochy – World Congress of Food Science and Technology “The future of food is now: Development, Functionality & Sustainability.”**
Informacje: <https://iufost2024-italy.com/>
- 12 – 13 **Wrocław, International Conference: Biotechnology– Research and Industrial Applications BRIA-2024,**
Organizatorzy: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; Oddział Wrocławski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności
Informacje: <https://enbriaconference.wordpress.com/>
- 12 – 13 **Wrocław, Międzynarodowa Konferencja "Quality and Safety in Food Production Chain"**
Organizatorzy: Katedra Rozwoju Funkcjonalnych Produktów Żywnościowych, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; Oddział Wrocławski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności
Kontakt: tel. +48 71 3207774; +48 71 3207781; e-mail: dffpd@upwr.edu.pl
- 16 – 18 **Rzym, Włochy – 6th Edition of Euro-Global Conference on Food Science and Technology FAT 2024. “FOOD: Focusing On Outstanding Discoveries in Food Science and Technology.”**
Informacje: <https://food-chemistry-technology-conferences.magnusgroup.org/>

- 16 – 18 **XXX Ogólnopolskie Sympozjum Bromatologiczne oraz III Ogólnopolską Konferencją Naukową „Żywność i żywienie w pigułce”**
Organizator: Katedra i Zakład Bromatologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego
Informacje: <https://75lecie-katedr.gumed.edu.pl/77215.html>
- 19 – 20 Trzebnica – **IV Konferencja Naukowa Nauka o Zbożach „Współczesne trendy w produkcji i przetwórstwie zbóż”**
Organizatorzy: Katedra Technologii Fermentacji i Zbóż, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Oddział Wrocławski PTTŻ
Informacje: www.noz.wroclaw.pl
Kontakt: e-mail: konferencja.noz@upwr.edu.pl tel.: 71 320-77-13; 71 320 7713
- 19 – 20 Trzebnica – **IV Konferencja Naukowa Nauka o Zbożach „Współczesne trendy w produkcji i przetwórstwie zbóż”**
Organizatorzy: Katedra Technologii Fermentacji i Zbóż, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Oddział Wrocławski PTTŻ
Informacje: www.noz.wroclaw.pl
Kontakt: e-mail: konferencja.noz@upwr.edu.pl tel.: 71 320-77-13; 71 320 7713

Październik

- 6 – 9 Brugia, Belgia – **6th Food Structure and Functionality Symposium: Meeting the sustainability challenge**
Organizator: Elsevier
Informacje: <https://www.elsevier.com/events/conferences/all/food-structure-and-functionality-forum-symposium>

Listopad

- 6 – 7 Łódź, – **Konferencja Naukowa „ŻYWNOSĆ JUTRA - DZISIEJSZE WYZWANIA”**
Organizatorzy: FoodFakty – Food Safety Culture
Kontakt: summit@foodfakty.pl tel.600-972-263
- 12 – 14 Brugia, Belgia – **38th EFFoST International Conference 2024 Future Food Systems: „Innovation through Progress at Scientific Interfaces”**
Informacje: <https://effostconference.com/>

- 14 – 15 Warszawa, – **X Jubileuszowa Konferencja Naukowa: „Fizjologiczne uwarunkowania postępowania dietetycznego”**
Organizator: Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Katedra Dietetyki SGGW Warszawa
Informacje: <http://www.zywienieifizjologia.sggw.pl> do
Kontakt: fizj_diet@sggw.edu.pl
- 14 – 15 Wrocław – **XI Konferencja Naukowa z cyklu „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie” - „Nauka i praktyka w produkcji i przetwórstwie ziemniaka”**
Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Technologów Żywności - Oddział Wrocławski, Sekcja Technologii Węglowodanów; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności oraz Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy
Informacje: www.ziemniak.wroclaw.pl
- 13 – 15 **Prague – 20th International Conference on Polysaccharides and Glycoscience (20th ICPG)**
Informacje: www.polysaccharides.csch.cz
Kontakt: contact:blehar@vscht.cz
- 21 – 22 Częstochowa – **X Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu: Żywność - Żywnienie – Dietetyka „Żywność funkcjonalna a diety niekonwencjonalne”**
Organizatorzy: Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA
TECHNOLOGÓW ŻYWNOCI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, HORTIMEX Sp. z o.o. Konin, BUNGE POLSKA Sp. z o.o. Karczew.**
Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o. Bielsko-Biała.**

KOMUNIKATY

Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne publikujemy na stronie internetowej <http://www.wydawnictwo.pttz.org>

Przypominamy Państwu o aktualnym adresie internetowym Wydawnictwa – e-mail: redakcja@pttz.org

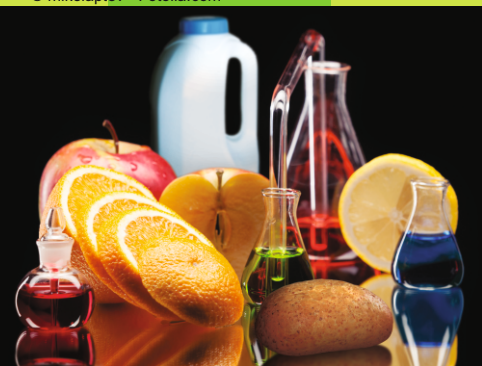
CONTENTS

From the Editor.....	3
MAŁGORZATA GUMIENNA, MAŁGORZATA LASIK-KURDYŚ, BARBARA GÓRNA: The development of the craft beer market, microorganisms, unconventional additives and their impact on the final product.....	5
DOROTA GAŁKOWSKA, KAMILA KAPUŚNIAK, KAROLINA PYCIA, LESŁAW JUSZCZAK: Food contamination – characteristics and legal regulations. Part II.....	24
IRYNA SIMONOVA, BOHDAN TSIZH, ULIANA DRACHUK, BOHDAN HALUKH, IRYNA BASARAB, HALYNA KOVAL, ROSTYSLAV VOLOSHYN, LIUDMYLA PESHUK: The utilization of new types of marinades based on fruit raw material for use in the technology of semi-finished rabbit meat.....	46
EMILIA JANISZEWSKA-TURAK, NATALIA MUSIELIK: Influence of NaCl concentration in brine on the structure and texture of fermented yellow beetroots.....	67
NADIIA I. SVYNOUS, NATALIYA O. HOLUB, IHOR V. DATSENKO, VALERII HR. SYTNYK, IRYNA M. KAPELISTA: Determinants of ensuring food security of manufacturers of the grain and oil group of Ukraine on the european market.....	88
JACEK GOŁAŃSKI, BOGUSŁAWA LUZAK: The importance of selected food ingredients of plant origin that inhibit platelet functions in the primary prevention of cardiovascular diseases	120
MAREK ZBOROWSKI, ANNA MIKULEC, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ, ANNA PLATTA, STANISŁAW KOWALSKI, ALEKSANDRA STAWIARSKA: The state of knowledge on food safety and food waste among young consumers – part 2.....	141
AGNIESZKA JANKOWSKA, KATARZYNA KIEŁCZEWSKA, MARIA WACHOWSKA, DAMIAN MARCINIAK: The effect of high pressure on the selected properties of goat's milk	158
LUZIANA HOXHA, MERGIM MESTANI, DEMOKRAT NUHA, PAJTIM BYTYÇI, BERAT DURMISHI: Sustainable applications of cereal-based products through the utilisation of fruit waste	174
EWA KACZMARCZYK, JERZY ŁUKASIAK, KAROL SZCZUROWSKI, MAREK PRUSAKOWSKI: Preparation of iron(II) and selenium(IV) dietary supplements by their biotransformation in <i>Arthrospira sp.</i>	199
TETIANA YAVORSKA, OKSANA KOSTYUK, MYKOLA KOSTIUK, SERGIY TSVILYI, VIKTORIYA OGLOBLINA: The determinants of neutralizing the influence of the production risks of agricultural enterprises on the competitiveness of the processing industry	211
MARTA LISZKA-SKOCZYLA, WALTER HUNTER, TERESA WITCZAK, ŁUKASZ SKOCZYLA, MARIUSZ WITCZAK, GOHAR KHACHATRYAN, DOROTA GAŁKOWSKA: The effect of extraction methods on the determination of the content of polyphenols and anti-oxidant activities of enriched egg powder.....	240
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation.....	255
MARZENA TOMASZEWSKA: Summary of the 8th Scientific Symposium from the series "Food and Food Security"	257
MARCELINA KARBOWIAK: Summary of the 14th Crocus Scientific Symposium from the series "Probiotics and Prebiotics in Food".....	260
MONIKA PRZEOR: The 28th Session of the Young Scientific Staff of PTTŻ came to Gdańsk	262
The Food Technologist.....	267

Only reviewed papers are published

*Covered by: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef,
EBSCO, Electronic Journal Library, JouroScope, ResearchGate*

© mikelaptev - Fotolia.com



Wydawnictwo Naukowe PTTŻ
30-149 Kraków, ul. Balicka 122
e-mail: redakcja@pttz.org
www.wydawnictwo.pttz.org