

ANNA BRZOZOWSKA, WOJCIECH ROSZKOWSKI, BARBARA PIETRUSZKA,  
JOANNA KAŁUŻA

## **WITAMINY I SKŁADNIKI MINERALNE JAKO SUPLEMENTY DIETY**

### Streszczenie

Suplementy witamin i składników mineralnych odgrywają ważną rolę w zmniejszaniu ryzyka niedoborów tych składników odżywczych w organizmie człowieka, a także ryzyka powstawania niektórych chorób przewlekłych. Z drugiej strony, ze względu na wielkość spożywanych dawek, bardzo istotny jest problem zapewnienia konsumentowi bezpieczeństwa zdrowotnego. W artykule omówiono zasady wprowadzania na rynek witamin i składników mineralnych w formie środków spożywczych, zwanych suplementami diety, ze szczególnym podkreśleniem sposobu wyznaczania maksymalnych dawek tych składników odżywczych w dziennej porcji suplementu. Ponadto przedstawiono zasady, jakich należy przestrzegać przy zalecaniu stosowania suplementów w praktyce.

**Słowa kluczowe:** witaminy, składniki mineralne, suplementy diety, ocena bezpieczeństwa, uregulowania prawne

### **Wprowadzenie**

Witaminy i składniki mineralne stanowią liczną grupę składników odżywczych występujących zarówno w organizmie człowieka, jak i w produktach spożywczych w małych lub bardzo małych ilościach. Mimo tego mają ogromne znaczenie dla rozwoju i funkcjonowania organizmu, a niedobór lub nadmiar któregośkolwiek z nich może skutkować zaburzeniami stanu zdrowia. Znajomość zasad prawidłowego żywienia i ich przestrzeganie w praktyce dotyczy tylko niewielkiego odsetka populacji nawet w krajach rozwiniętych gospodarczo, w tym także w Polsce [6]. Wynika z tego konieczność podejmowania różnych działań korygujących sposób żywienia. Pierwszą zasadą w tym względzie jest racjonalizacja diety poprzez dobór odpowiednich

---

*Prof. dr hab. A.Brzozowska, prof. dr hab. W. Roszkowski, dr B. Pietruszka, dr inż. J. Kałuża, Katedra Żywienia Człowieka, Wydz. Żywienia Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa*

produktów i jej urozmaicenie, jednak w wielu sytuacjach, np. przy koniecznym ograniczaniu wartości energetycznej, sposób ten okazuje się mało skuteczny. Inne strategie eliminowania niedoborów witamin i składników mineralnych polegają na włączaniu do diety produktów wzbogaconych i suplementów diety.

Celem niniejszej pracy było omówienie zasad wprowadzania na rynek suplementów diety ze szczególnym podkreśleniem zagadnień związanych z ich bezpieczeństwem zdrowotnym w ramach dyskusji nad modelem wyznaczania maksymalnych dawek składników odżywczych w dziennych porcjach suplementu.

### **Suplementy diety jako środki spożywcze**

Suplementy diety to, zgodnie z ustawą o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia [16], środki spożywcze, które mają uzupełniać normalną dietę, są skoncentrowanym źródłem witamin, składników mineralnych i innych substancji wykazujących efekt odżywczy lub inny fizjologiczny. Są wprowadzane do obrotu w opakowaniach jednostkowych w formie umożliwiającej dawkowanie, a więc w postaci tabletek, drażetek, syropów itp. Suplementy diety jako środki spożywcze muszą mieć cechy i spełniać kryteria, za pomocą których charakteryzuje się żywność pod względem jakości sensorycznej, wartości odżywczej i bezpieczeństwa dla zdrowia konsumenta. W odniesieniu do suplementów diety istotne znaczenie mają dwa ostatnie względy. Powinny być one wytwarzane w zakładach przeznaczonych specjalnie do ich produkcji lub na przystosowanych liniach technologicznych bądź też w zakładach wytwarzających produkty lecznicze, zgodnie z prawem farmaceutycznym. Aktem wykonawczym regulującym wprowadzanie do obrotu suplementów diety jest rozporządzenie Ministra Zdrowia z grudnia 2002 r. [22], wdrażające przepisy Dyrektywy 2002/46/EC [7], mającej na celu harmonizację zasad obrotu suplementami na wspólnym rynku oraz ochronę konsumenta. Przepisy te w odniesieniu do wszystkich substancji, a w szczególności do substancji innych niż witaminy i składniki mineralne, wymagają innego niż dotychczas postępowania przy wprowadzaniu ich na rynek.

W rozporządzeniu znajdują się wykazy, o charakterze list pozytywnych, witamin i składników mineralnych (zał.1, 15 pozycji) oraz ich form chemicznych (zał. 2, 32 pozycje dotyczące witamin i 80 pozycji odnośnie składników mineralnych), które mogą być stosowane w produkcji suplementów diety. Liczba substancji w wykazach w porównaniu z aktualną ofertą rynkową jest stosunkowo mała. Dzieje się tak dlatego, że substancje inne niż wymienione w załączniku 2 mogą być stosowane w suplementach diety do dnia 31 grudnia 2009 roku, pod warunkiem, że były stosowane w produktach wprowadzonych do obrotu chociaż w jednym z państw Unii Europejskiej przed dniem 12 lipca 2002 roku, a jednocześnie Europejski Urząd do Spraw Bezpieczeństwa Żywności (European Food Safety Authority) nie wydał negatywnej opinii odnośnie ich

stosowania przed dniem 12 lipca 2005 r. Produkty, które nie spełniały powyższych wymagań mogły znajdować się w obrocie do dnia 1 sierpnia 2005 r. Po tym czasie producenci oferujący preparaty zawierające inne witaminy i/lub składniki mineralne czy inne substancje, mają możliwość uzyskania zgody Głównego Inspektora Sanitarnego (tzw. derogacja), która jest jednak skuteczna tylko na terenie naszego kraju, a termin korzystania z tego sposobu wprowadzenia produktu na rynek upływa z dniem 31 grudnia 2009 r.

Pierwsze wprowadzenie suplementu do obrotu w Polsce wymaga powiadomienia GIS z równoczesnym przedstawieniem projektu etykiety. Wprowadzone ostatnio zmiany w ustawie o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia regulują kwestie powiadamiania GIS i postępowania wyjaśniającego czy dany środek spożywczy nie stanowi zagrożenia dla zdrowia, wprowadzając zasadę fakultatywności, dodają także regulacje dotyczące ponoszenia kosztów przez przedsiębiorcę za opinie merytoryczne wydawane w toku postępowania wyjaśniającego [29]. W Polsce jednostką badawczo-rozwojową właściwą do wydawania opinii mających na celu wyjaśnienie czy środki spożywcze nie stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka jest Instytut Żywności i Żywienia [24].

Wnioski o umieszczenie na liście pozytywnej nowych substancji należało złożyć do Komisji Europejskiej (Health and Consumer Protection Directorate General, Unit D4, Food Law and Biotechnology) do dnia 12 lipca 2005 r., zgodnie z procedurą zawartą w Administrative Guidance [1]. Według stanu na dzień 1 sierpnia 2005 r. 10 krajów członkowskich (głównie Wielka Brytania) złożyło wnioski odnośnie ponad 350 substancji, m.in. związków boru, molibdenu, srebra, złota, platyny, krzemu, cyny, wanadu, drożdży bogatych w niektóre mikroelementy, ferrytyny, 5-metylotetrahydrofolianu, PABA. Opinie, wydawane przez ekspertów, umieszczane są na stronie internetowej EFSA ([www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int)).

W opinii osób zajmujących się problemami prawa żywnościowego korzystne byłoby opracowanie krajowych regulacji na najbliższe lata (2005-2009), dotyczących kwestii stosowania suplementów, których nie obejmuje prawo unijne. Istnieje taka możliwość, o ile przepisy te nie będą stwarzały barier handlowych, będą zgodne z zasadami swobodnego przepływu towarów, równego traktowania podmiotów itd.

Suplementy diety, tak jak inne środki spożywcze, muszą spełniać kryteria czystości, co jest regulowane przepisami wydanymi na podstawie ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia [23]. Również do znakowania suplementów stosuje się ogólne przepisy dotyczące znakowania zawarte zarówno w ustawie o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia [16], jak i w rozporządzeniu Ministra Zdrowia [21]. W przepisach odnoszących się tylko do omawianych produktów wymaga się, aby były one znakowane określeniem „suplement diety” oraz nazwą kategorii składników odżywczych (np. witaminy, składniki mineralne). Ponadto konieczne jest podanie

porcji produktu zalecanej do spożycia w ciągu dnia z ostrzeżeniem, aby nie przekraczać tej dawki. Zawartość składników odżywczych należy podawać w postaci liczbowej w przeliczeniu na zalecaną do spożycia dzienną porcję produktu (jednostki zgodne z wymienionymi w załączniku 1 do rozporządzenia o suplementach, np. witamina A w  $\mu\text{g}$  ekwiwalentu retinolu, niacyna w  $\text{mg}$  ekwiwalentu niacyny). Na etykiecie powinno znajdować się także stwierdzenie, że suplementy diety nie mogą być stosowane zamiast prawidłowej diety oraz, że powinny być przechowywane w sposób niedostępny dla małych dzieci. Znakowanie, prezentacja i reklama suplementów diet nie mogą zawierać informacji stwierdzających lub sugerujących, że zbilansowana dieta nie może dostarczyć wystarczających dla organizmu ilości składników odżywczych.

Aktualnie w Unii Europejskiej trwają prace nad definicjami i warunkami umieszczania na etykietach produktów, w tym suplementów diety, oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych oraz listą pozytywną takich oświadczeń. Przewiduje się, że prace te będą zakończone uchwaleniem rozporządzenia w ciągu 3 lat.

### **Maksymalne ilości witamin i składników mineralnych w suplementach**

Biorąc pod uwagę bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów konieczne jest ustalenie maksymalnych ilości substancji aktywnych w dziennej porcji suplementu zalecanej przez producenta. W chwili obecnej przepisy nie rozstrzygają tych kwestii, ale podają ogólne zasady, jakimi należy się kierować. W paragrafie 5.1. rozporządzenia o suplementach [22] stwierdza się, że maksymalne ilości substancji aktywnych w suplementach należy wyliczyć, biorąc pod uwagę górne bezpieczne poziomy ustalony na podstawie naukowej oceny ryzyka, uwzględniając różny stopień wrażliwości poszczególnych grup konsumentów, a także spożycie tych składników odżywczych z żywnością i z innych źródeł, np. składników mineralnych z produktów wzbogaconych i z wody pitnej. Punkt odniesienia w tej procedurze stanowi spożycie zalecane w normach żywienia.

W krajach członkowskich Unii Europejskiej przepisy odnośnie maksymalnych ilości witamin i składników mineralnych w suplementach diety nie są jednolite. Aktualnie trwają dyskusje nad zaproponowanym przez ekspertów ERNA (European Responsible Nutrition Alliance) oraz EHPM (European Federation Association of Health Product Manufacturers) modelem zarządzania ryzykiem związanym ze stosowaniem suplementów i ustaleniem maksymalnego poziomu witamin i składników mineralnych w dziennych porcjach suplementów (MSL - Maximum Supplement Level) [2].

W modelu tym bierze się pod uwagę najwyższy tolerowany poziom spożycia (UL), który dla poszczególnych witamin i składników mineralnych opracowują grupy ekspertów z różnych krajów (m.in. kraje nordyckie, USA, Kanada, Wielka Brytania, Japonia), a także z Unii Europejskiej. Szacując ryzyko, uwzględnia się największe

średnie spożycie z diety (MHI) przyjmując, że jest nim poziom 97,5 percentyla dla subpopulacji dorosłych mężczyzn stwierdzony w badaniach przeprowadzonych w Irlandii, Wielkiej Brytanii i we Włoszech. W przypadku składników mineralnych uwzględnia się również pobranie z wodą pitną (IW). Na podstawie tych danych można wyliczyć tzw. wskaźnik bezpieczeństwa dla populacji (PSI):

$$PSI = [UL - (MHI + IW)] : RLV,$$

gdzie:

PSI (Population Safety Index) – wskaźnik bezpieczeństwa dla populacji,

UL (Tolerable Upper Intake Level) – najwyższy tolerowany poziom spożycia,

MHI (Mean Highest Intake from Food) – największe średnie spożycie z żywnością,

IW (Intake from Water) – największe średnie pobranie z wodą,

RLV (Reference Labelling Values) – wartości przyjmowane jako referencyjne (odpowiedniki norm żywienia) do znakowania produktów spożywczych wartością odżywczą.

Kolejnym problemem metodologicznym jest przyjęcie wartości PSI, które wskazują na występowanie ryzyka związanego z nadmiernym pobraniem witamin lub składników mineralnych. Jako wartość graniczną przyjęto  $PSI = 1,5$ , kierując się tym, że w Wielkiej Brytanii maksymalne obserwowane pobranie z suplementów nie przekraczało 150% RLV (dotyczyło to witaminy C).

Biorąc pod uwagę powyższe, a także fakt braku dowodów na występowanie ryzyka stosowania suplementów przy aktualnym spożyciu (łącznie ze wszystkich źródeł) wytypowano składniki odżywcze (tzw. grupa A), dla których nie ustala się MSL, a odpowiedzialnym za poziom składników w suplementach jest producent. Są to tiamina, ryboflawina, biotyna, witamina B<sub>12</sub>, kwas pantotenowy, witamina K oraz chrom.

Drugą grupę (tzw. grupa B) stanowią składniki, w przypadku których ryzyko przekroczenia UL jest małe; są to: witaminy B<sub>6</sub>, C, D, E, kwas foliowy, amid kwasu nikotynowego oraz fosfor, magnez, molibden i selen. PSI tych składników waha się od 2,1 (fosfor) do 52,8 (amid kwasu nikotynowego). W omawianym modelu proponuje się wprowadzenie korekty (tzw. współczynnik ostrożności zarządzania ryzykiem) poprzez zwiększenie średniego spożycia z żywnością witamin o 50% i składników mineralnych o 10%. Powyższe wartości przyjęto na podstawie zmian w spożyciu w Wielkiej Brytanii na przestrzeni lat 1986/87 i 2000 oraz faktu, że poziom wzbogacania produktów składnikami mineralnymi jest mniejszy niż witaminami z uwagi na ograniczenia technologiczne i sensoryczne. Maksymalną zawartość witamin, zaklasyfikowanych na podstawie PSI do tej grupy, w dziennych porcjach suplementów można wyliczyć z następującej zależności:

$$MSL = UL - (MHI \times 1,5),$$

a składników mineralnych z równania:

$$MSL = UL - [(MHI \times 1,1) + IW].$$

Wyliczając w powyższy sposób maksymalny poziom składnika w suplementie diety, w każdym kraju można uzyskać różne wyniki, ze względu na różnice w spożyciu danego składnika odżywczego wynikające nie tylko z preferencji, nawyków żywieniowych, ale także z poziomu i zakresu wzbogacania produktów czy składu pierwiastkowego wody pitnej. Korekty dotyczące zmian w spożyciu powinny również odzwierciedlać lokalną sytuację. Posługując się danymi o najwyższym średnim spożyciu w Wielkiej Brytanii wyliczono następujące maksymalne dzienne spożycie w formie suplementów (MSL): witaminy C – 1750 mg, witaminy D – 35 µg, fosforu – 1250 mg, selenu – 200 µg, amidu kwasu nikotynowego - 820 mg. Rozbieżne zdania różnych grup ekspertów odnośnie najwyższego tolerowanego poziomu spożycia (UL) witaminy E i witaminy B<sub>6</sub> [9, 11] sprawiły, że maksymalny poziom dziennego spożycia tych witamin w formie suplementów, w zależności od przyjętej wartości UL, wyliczony z przedstawionego równania zawiera się w przedziale, odpowiednio od 270 do 970 mg i od 18 do 93 mg. Odrębnie potraktowane są kwas foliowy i magnez, ponieważ UL tych składników odnosi się do spożycia wyłącznie z suplementów, a więc jest równe MSL i według EC SCF (European Commission Scientific Committee on Food) wynosi w przypadku magnezu 250 mg, a kwasu foliowego 1000 µg/dzień. Można tu wspomnieć, że eksperci US Food and Nutrition Board uważają, że odpowiednia wartość w przypadku magnezu wynosi 350 mg [9].

Trzecią grupę (tzw. grupa C) stanowią składniki odżywcze o występującym ryzyku nadmiernego spożycia przy stosowaniu suplementów. PSI tych składników mieści się w przedziale od 1,5 (żelazo) do -1,2 (witamina A). Składniki te wymagają indywidualnego traktowania ze względu na znaczne różnice w spożyciu i możliwość występowania zarówno niedoborów, jak i nadmiarów (witamina A), innego działania u osób palących i niepalących (β-karoten), zwiększoną wrażliwość subpopulacji ze schorzeniami nerek czy możliwość działania antagonistycznego przy małym spożyciu niektórych składników mineralnych (wapń). Proponowane MSL wynoszą: witamina A – 800–1000 µg, β-karoten – 4,8–7 mg, wapń – 1000–1500 mg, miedź – 1–2 mg, jod – 150–200 µg, żelazo – 14–20 mg, mangan – 2 mg, cynk – 10–15 mg oraz tymczasowo fluor – 3,5 mg.

Nieco inny sposób wyznaczania maksymalnych dawek składników odżywczych w suplementach (w tym przypadku nazywanych ULS – Upper Level for Supplements) przedstawili eksperci Council for Responsible Nutrition (CRN) z USA [9]. Pierwsza z trzech opcji to wyliczanie bezpośrednio na podstawie danych dotyczących spożywania suplementów, druga – pośrednie wyliczanie z różnicy między UL a zwyczajowym spożyciem ze wszystkich źródeł oraz jako tzw. obserwowany poziom bezpieczny (OSL – Observed Safe Level), gdy odnośnie danego składnika nie ma dowodów działania



niepożądanego lub szkodliwego przy dużych dawkach. CRN wyraża także pogląd, że trzeba odróżnić „prawdziwe” skutki szkodliwego działania dużych dawek od efektów w obrębie przewodu pokarmowego np. nudności przy stosowaniu suplementów na pusty żołądek. Przykładowo ULS żelaza wynosi 60 mg z zastrzeżeniem, że suplement trzeba spożywać po posiłku.

Ustalenie maksymalnych dawek witamin i składników mineralnych w suplementach diety, które są ogólnie dostępnymi środkami spożywczymi nie jest proste. Trzeba pamiętać, że przedstawione procedury [2, 9] uwzględniają dane odnoszące się do osób dorosłych odżywiających się w sposób typowy, a punktem wyjścia są górne tolerowane poziomy spożycia, a nie ilości przewidziane w normach żywienia, które i tak ustalane są z pewnym marginesem bezpieczeństwa.

### **Rozpowszechnienie suplementacji i zasady jej zalecania**

Suplementacja to indywidualne uzupełnianie racji pokarmowej składnikami, z założenia stosowana okresowo. Jednak w praktyce żywieniowej istnieje wiele wskazań do suplementacji diety [6], a poszczególne kraje opracowują nawet specjalne programy suplementacji dla różnych grup populacyjnych. Jednym z bardziej popularnych są programy pierwotnej profilaktyki wad cewy nerwowej. Program taki realizowany jest także od 1997 r. w Polsce. Ma on na celu upowszechnianie spożywania kwasu foliowego, w dziennej dawce 0,4 mg w formie suplementów lub żywności wzbogaconej, przez wszystkie kobiety w wieku rozrodczym [4]. Innym przykładem mogą być zalecenia opracowane dla osób starszych przebywających w domach opieki społecznej w Izraelu. Przewidują one podawanie pensjonariuszom w formie suplementów większości witamin i mikroelementów na poziomie równym 50% zalecanego spożycia (RDA) [8].

Indywidualne stosowanie suplementów w społeczeństwach krajów rozwiniętych jest powszechne, choć profil suplementacji, tj. stosowane składniki odżywcze i dawki znacznie się różnią. W ubiegłych latach w USA największy odsetek stosujących suplementy dotyczył dorosłych kobiet z wyższym wykształceniem, teraz jest to zjawisko powszechne w całej populacji [20]. Prawie dwudziestoletnie (lata 1986–2003) obserwacje w Niemczech wykazały, że 25,8% badanych w wieku 2–18 lat stosowało suplementy, przy czym były to głównie preparaty zawierające fluor [25]. Krajowe badania przeprowadzone przez Instytut Żywności i Żywienia w 2000 roku w gospodarstwach domowych wykazały, że suplementy stosowało 20% osób, przy czym najczęściej były to małe dzieci i osoby powyżej 60. roku życia [26]. Badania Katedry Żywienia Człowieka SGGW dowodzą, że skala tego zjawiska wzrasta, ale jest różna w różnych grupach populacyjnych [19]. Dodatkowo coraz powszechniejsze staje się jednoczesne stosowanie produktów wzbogaconych [17, 18].

Ze względu na skalę omawianego zjawiska, jak również występowanie wielu błędów przy stosowaniu suplementów [19], za uzasadnione i niezmiernie celowe należy uznać opracowane przez ekspertów American Dietetic Association (ADA) w 2002 roku i rozszerzone w 2005 roku zasady odnoszące się do stosowania i sprzedaży suplementów. Zasady te uwzględniają aspekty naukowe, prawne, etyczne i związane z prowadzeniem biznesu, a skierowane są do dietetyków i żywieniowców udzielających porad w tym zakresie [20, 27].

Sposób postępowania przy zaleceniu suplementacji sprowadza się do czterech etapów (z jęz. angielskiego: 1. Ask, 2. Evaluate, 3. Educate, 4. Document). Przed zaleceniem suplementacji należy zrobić wywiad dotyczący danej osoby (choroby, leki, masa ciała, profil biochemiczny, ciśnienie krwi, a także sytuacja ekonomiczna itp.). Następnie ocenia się sposób żywienia, porównuje korzyści i zagrożenia związane ze stosowaniem suplementów, wybiera suplement (skład, dawki, formy chemiczne, częstotliwość stosowania, sposób podania, np. z posiłkiem) i przekazuje osobie, której udziela się porady, materiały edukacyjne o zaleconych suplementach oraz informacje o produktach ekwiwalentnych. Konieczne jest także prowadzenie dokumentacji, monitorowanie i składanie raportów dotyczących efektów ubocznych stosowania suplementów.

W opracowaniach tych zwrócono uwagę na włączenie do procesu edukacyjnego pacjentów zasady „food first”, co umożliwia konieczność korekty sposobu żywienia, a także branie pod uwagę możliwości występowania interakcji z innymi suplementami, lekami oraz produktami wzbogacanymi. Ponieważ jest to stosunkowo nowy i stale rozwijający się obszar wiedzy, zarówno merytorycznej, jak i pod względem aspektów prawnych, w omawianych opracowaniach można znaleźć wykazy najważniejszych opracowań naukowych z tego zakresu, adresy i oficjalne strony internetowe organizacji, które opracowują ekspertyzy i mogą udzielać konsultacji.

### **Zagrożenie zdrowia związane ze stosowaniem suplementów**

Niewątpliwie suplementy mogą spełniać dużą rolę w zmniejszaniu ryzyka zaburzeń stanu zdrowia, wynikających z niedostatecznego spożywania witamin i/lub składników mineralnych, a także u osób o zwiększonym zapotrzebowaniu, gorszym wchłanianiu lub wykorzystaniu tych składników w organizmie, które mają podłoże genetyczne lub patofizjologiczne. W literaturze naukowej znajduje się bardzo wiele dowodów potwierdzających to stwierdzenie odnośnie różnych składników odżywczych i różnych grup ryzyka.

W praktyce stosowaniu suplementów towarzyszy jednak wiele błędów, które zwiększają ryzyko zaburzeń stanu zdrowia, przy czym nie jest to zawsze związane z dużymi dawkami tych składników.



Suplementacja postrzegana jest przez konsumentów jako łatwa droga do skorygowania sposobu żywienia, bez konieczności korekty diety, trudnej w codziennej realizacji. Jednak rezygnując z prawidłowej diety na korzyść tabletek nie spożywa się wielu substancji bioaktywnych występujących naturalnie w produktach spożywczych.

Z drugiej strony zwykle suplementacja nie jest stosowana przez osoby, które najbardziej jej potrzebują. Jako zachowanie prozdrowotne częściej występuje u osób dbających o swoje odżywianie, w tym włączających do diety produkty wzbogacone i nierzadko stosujących kilka preparatów jednocześnie, co zwiększa ryzyko przedawkowania [3, 10, 13, 17, 18]. Należy podkreślić także, że efektywność stosowania suplementów jest największa w sytuacjach, gdy występują niedobory, natomiast mniej skuteczna przy lepszym stanie odżywienia, a także w przypadku zaawansowania stanów patologicznych, np. choroby nowotworowej [14].

Na ogół uważa się, że obecnie nie ma jeszcze dużego zagrożenia nadmiarami składników odżywczych pochodzących z suplementów, ponieważ przekroczenia UL dotyczą raczej krótkich okresów ich stosowania lub niewielkiego odsetka osób [28]. Jednak w Irlandii wykazano, że wśród dorosłych kobiet 21% przyjmujących suplementy żelaza i 15% spośród spożywających w tej formie witaminę B<sub>6</sub> przekraczało UL. Podobnie w badaniach osób starszych mieszkających w Warszawie i jej okolicach - stosowanie dawek przekraczających UL stwierdzono w przypadku witaminy A (38% stosujących suplement), witaminy PP (50%) i żelaza (10%) [12].

Szczególną grupą ryzyka są osoby palące papierosy, u których składniki odżywcze o działaniu przeciwutleniającym podane w nadmiarze mogą dać efekt prooksydacyjny. U starszych mężczyzn, uczestników wielośrodkowych badań SENECA, stosujących suplementy, stwierdzono większe ryzyko zgonu u palących papierosy w porównaniu z niepalącymi [5], a podobne wyniki uzyskano także w innych badaniach prowadzonych na większych grupach osób odnośnie zgonów z powodu chorób nowotworowych i stosowania suplementów witamin przez palaczy [30].

Na potrzebę dalszych szczegółowych badań wskazują także wyniki sugerujące, że stosowanie suplementów w ciągu pierwszych 3 lat życia u dzieci karmionych wyłącznie pokarmem sztucznym zwiększa ryzyko alergii pokarmowej [15].

### **Podsumowanie**

Suplementy witamin i składników mineralnych mogą spełniać istotną rolę w zapobieganiu niedoborom tych składników odżywczych w organizmie i w konsekwencji zaburzeniom zdrowia, szczególnie w niektórych stanach fizjologicznych i patofizjologicznych. Ważne jest, aby stosowane ilości nie przekraczały dawek uznanych według aktualnego stanu wiedzy za bezpieczne oraz, aby jednocześnie korygować błędy w sposobie żywienia.

Ponieważ dowody na korzyści i zagrożenia związane ze stosowaniem suplementów nie we wszystkich sytuacjach są jednoznaczne, stąd zagadnienie to wymaga dalszych prac, szczególnie badań nad zrozumieniem roli tych składników na poziomie komórkowym przez cały okres życia. Wdrażanie do praktyki żywieniowej zaleceń dotyczących stosowania suplementacji, a także edukacja społeczeństwa w tym zakresie, jest wyzwaniem dla osób zajmujących się profesjonalnie żywieniem człowieka, wyzwaniem wymagającym stałego aktualizowania posiadanej wiedzy, znajomości przepisów prawnych, a także przestrzegania zasad etyki zawodowej.

*Praca finansowana z grantu KBN 2P06T 080 28*

### Literatura

- [1] Administrative guidance on submissions for safety evaluation of substances added for specific nutritional purposes in the manufacture of food. Health and Consumer Protection Directorate General, Unit D4, Food law and biotechnology. February 2004.
- [2] Anonim: Vitamin and mineral supplements: a risk management model (tłumaczenie). *Żyw. Człow. Metab.* 2005, **32** (2), 5-29.
- [3] Beitz R., Mensink G.B., Hintzpeter B., Fischer B., Erbersdobler H.F.: Do users of dietary supplements differ from nonusers in their food consumption? *Eur. J. Epidemiol.*, 2004, **19** (4), 335-341.
- [4] Brzeziński Z. J. (red.): Zapobieganie wrodzonym wadom cewy nerwowej. Instytut Matki i Dziecka, Warszawa 1998.
- [5] Brzozowska A, Kałuża J., de Groot C.P., Knoop K., Amorim Cruz J.A.: Supplementation practice and mortality in SENECA population. *J. Nutr. Health Aging*, 2004, **8** (6), 462.
- [6] Brzozowska A.: Wzbogacanie żywności i suplementacja diety składnikami odżywczymi – korzyści i zagrożenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **4** (29) Supl., 16-28.
- [7] Directive 2002/46/EC of the European Parliament and the Council of 10 June 2002 on the approximation of the laws of the Member States relating to food supplements. *OJEC L*, 183, 12.7.2002, pp. 51-57.
- [8] Dror Y., Stern F., Berner Y.N., Kaufmann N.A., Berry E., Maaravi Y., Altman H., Cohen A., Leventhal A., Nitzan-Kaluski D.: Recommended micronutrient supplementation for institutionalized elderly. *J. Nutr. Health Aging*, 2002, **6** (5), 295-299.
- [9] Hathcock J.N.: Vitamin and mineral safety. 2<sup>nd</sup> ed., Council for Responsible Nutrition, 2004. <http://www.crnusa.org/safety.html>.
- [10] Heimbach J.T.: Using the National Nutrition Monitoring System to profile dietary supplement use. *J. Nutr.*, 2001, **131** (4S), 1335S-1338S.
- [11] Hornig D.H., Walter P.: Risk assessment and risk management of vitamins and minerals. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 2004, **74** (3), 223- 233.
- [12] Kałuża J., Bagan A., Brzozowska A.: Ocena udziału witamin i składników mineralnych z suplementów w diecie osób starszych. *Roczn. PZH*, 2004, **55** (1), 51-61.
- [13] Kiely M.Flynn A., Harrington K.E., Robson P.J., O'Connor N., Hannon E.M., O'Brien K.M., Bell S., Dtrain J.J.: The efficacy and safety of nutritional supplement use in a representative sample of

- adults in the North/South Ireland Food Consumption Survey. *Public Health Nutr.*, 2001, **4** (5A), 1089-1097.
- [14] Meyer F., Galan P., Douville P., Bairati I., Kegle P., Bertrais S., Estaquio C., Hercberg S.: Antioxidant vitamin and mineral supplementation and prostate cancer prevention in the SU.VI.MAX trial. *Int. J. Cancer.*, 2005, **116** (2), 182-186.
- [15] Milner J.D., Stein D.M., McCarter R., Moon R.Y.: Early infant multivitamin supplementation is associated with increased risk for food allergy and asthma. *Paediatrics*, 2004, **114** (1), 27-32.
- [16] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 lutego 2005 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia. *Dz.U.* 2005, nr 31, poz. 265.
- [17] Pietruszka B., Kołajtis-Dołowy A., Chmara-Pawlińska R.: Suplementacja diety i spożycie produktów wzbogaconych w witaminy i/lub składniki mineralne przez młodzież w wieku 16-19 lat. *Żyw. Człow. Metab.*, 2003, **30** (1-2), 441-446.
- [18] Pietruszka B., Brzozowska A.: Udział suplementów i produktów wzbogaconych w spożyciu folianów przez osoby dorosłe. *Żyw. Człow. Metab.*, 2004, **31**, supl. Cz.II, 90-91.
- [19] Pietruszka B., Brzozowska A.: Uwarunkowania suplementacji diety witaminami i składnikami mineralnymi w Polsce. *Żyw. Człow. Metab.*, 2002, **29**, supl. 215- 219.
- [20] Practice paper of the American Dietetic Association: Dietary supplements. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2005, **105** (3), 460-470.
- [21] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie znakowania środków spożywczych i dozwolonych substancji dodatkowych. *Dz. U.* 2003, nr 220, poz. 1856, *Dz. U.* 2004, 58, 563, *Dz. U.* 2004, nr 162, poz. 1703, *Dz. U.* 2004, nr 257, poz. 2577.
- [22] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie suplementów diety. *Dz. U.* 2003, nr 27, poz. 236.
- [23] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie specyfikacji, kryteriów czystości, wymagań dotyczących pobierania próbek i metod analitycznych stosowanych w trakcie urzędowej kontroli żywności do oznaczania parametrów właściwych dla poszczególnych dozwolonych substancji dodatkowych, poszczególnych substancji pomagających w przetwarzaniu oraz zawartości zanieczyszczeń. *Dz. U.* 2003, nr 59, poz. 530, *Dz. U.* 2004, nr 94, poz. 934, *Dz. U.* 2005, nr 58, poz. 511.
- [24] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 kwietnia 2004 r. w sprawie postępowania wyjaśniającego dotyczącego żywności wprowadzanej po raz pierwszy do obrotu. *Dz. U.* 2004, nr 104, poz. 1095.
- [25] Sichert-Hellert W., Kersting M.: Vitamin and mineral supplements use in German children and adolescents between 1986 and 2003: results of the DONALD study. *Ann. Nutr. Metab.*, 2004, **48** (6), 414-419.
- [26] Szponar L., Stoś K., Ołtarzewski M.: Suplementy diety – możliwości ich wykorzystania w prewencji wybranych niedoborów żywieniowych. *Żyw. Człow. Metab.*, 2004, **31**, Supl. cz.I , 441-446.
- [27] Thomson C., Diekman C., Fragakis A.S., Meerschaert C., Holler H., Devlin C.: Guidelines regarding the recommendation and sale of dietary supplements. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2002, **102** (8), 1158-1164.
- [28] Touvier M., Boutron-Ruault M.C., Volatier J.L., Martin A.: Efficacy and safety of regular vitamin and mineral supplement use in France: results from the ECCA study. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 2005, **75** (3), 2001-2009.
- [29] Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o zmianie ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia. *Dz. U.* 2005, nr 178, poz. 1480.

- [30] Watkins M.L., Erickson J.D., Thun M.J., Mulinare J., Heath C.W.: Multivitamin use and mortality in a large prospective study. *Am. J. Epidemiol.*, 2000, **152**, 149–62.

## VITAMINS AND MINERALS AS DIETARY SUPPLEMENTS

### S u m m a r y

Vitamin and mineral supplements play an important part in decreasing the risk of nutritional deficiencies in human organisms, as well as in lowering the risk of specific chronic diseases. On the other hand, it is a crucial issue to ensure the necessary food health safety for consumers in the sense of volumes of the doses to be consumed. In this paper, there are discussed rules of marketing vitamins and minerals in the form of food products known as dietary supplements, with special emphasis put on the determination of maximum dose amounts of these nutrients in daily doses of supplements. In addition, some useful guidelines are presented to be observed when practically recommending dietary supplements.

**Key words:** vitamins, minerals, supplements, safety evaluation, legislation ☒

HENRYK ŻEGOTA

## NAPROMIENIOWANIE ŻYWNOŚCI W ASPEKCIE TECHNOLOGICZNYM, PRAWNYM I WDROŻENIOWYM

### Streszczenie

W pracy przedstawiono aktualny stan wiedzy na temat zastosowania promieniowania jonizującego do utrwalania żywności, zalet i ograniczeń tej metody, produktów spożywczych, które mogą być poddane działaniu promieniowania, rekomendowanych dawek, urządzeń do napromieniowania, legalizacji metody w Polsce, Unii Europejskiej i innych krajach. W aspekcie historycznym podkreślono rolę organizacji międzynarodowych WHO/IAEA/FAO w promowaniu badań, rozwoju technologii, edukacji konsumentów i pracach legislacyjnych koniecznych do przemysłowych wdrożeń tej metody.

**Słowa kluczowe:** promieniowanie jonizujące, utrwalanie żywności, zagadnienia prawne napromieniowania żywności

### Wprowadzenie

Napromieniowanie żywności jest najnowszą oryginalną metodą konserwacji, opracowaną w drugiej połowie ubiegłego wieku. Jest to metoda fizyczna polegająca na bakterioobójczym działaniu promieniowania jonizującego, odkrytego w 1896 r. w czasie badań nad biologicznymi skutkami działania promieniowania X [19]. Już po kilku latach od tego odkrycia, a dokładnie w 1905 r. w Wielkiej Brytanii przyznano pierwszy patent na użycie promieni jonizujących radu do poprawy jakości produktów spożywczych [6]. W tym czasie rad był bardzo drogim i trudno dostępnym izotopem promieniotwórczym, co uniemożliwiało wykorzystanie tego patentu. Podobne ograniczenia związane były z następnymi patentami udzielonymi w 1921 r. w USA w celu niszczenia *Trichinella spiralis* w wieprzowinie [22] oraz w 1930 r. we Francji do konserwacji żywności w metalowych puszkach [29]. W latach 40. i 50. XX w. nastąpił istotny rozwój konstrukcji źródeł promieniowania, zarówno izotopowych, jak i akceleratorów elektronów, co pozwoliło na rozpoczęcie bardziej systematycznych prac nad utrwalaniem produktów

---

Dr inż. H. Żegota, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej, Politechnika Łódzka, ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź, e-mail: ahzegota@mitr.p.lodz.pl

spożywczych. Już w 1943 r. wykonano pierwsze badania nad utrwalaniem hamburgerów za pomocą promieniowania X, wytwarzanego w elektrostatycznym akceleratorze van de Graffa [21]. W USA, w latach 50. prowadzone były prace badawcze w zakresie napromieniowania żywności głównie w Massachusetts Institute of Technology, a sponsorowała je armia amerykańska w ramach programu pokojowego wykorzystania energii atomowej. W latach 1953-1963 na program ten wydano około 30 mln dolarów. Więcej szczegółów na temat historycznych początków badań nad utrwalaniem żywności za pomocą promieniowania jonizującego, prowadzonych zarówno w USA, jak i w różnych krajach Europy opisał Goldblith [13].

Początek międzynarodowej współpracy i koordynacji badań miał miejsce w roku 1960, kiedy to Europejska Agencja Energii Atomowej (ENEA) i Organizacja ds. Współpracy Ekonomicznej i Rozwoju (OECD) powołały grupę badawczą zajmującą się tematyką napromieniowania żywności. W pracach tej grupy, oprócz przedstawicieli 16 krajów należących do OECD, brali także udział reprezentanci Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) i Organizacji ds. Żywności i Rolnictwa (FAO) działających w ramach ONZ. W tym czasie rozpoczęto publikację kwartalnika „Food Irradiation”, który przez wiele lat przybliżał czytelnikom tematykę napromieniowania żywności. Kontynuacją międzynarodowej współpracy w latach 1970 – 1981 był finansowany i koordynowany przez IAEA, FAO i WHO program badawczy pt. „International Project in the Field of Food Irradiation” kierowany przez Prof. J.F. Diehla z Bundesforschungsanstalt für Ernährung w Karlsruhe i poświęcony przede wszystkim badaniom jakości zdrowotnej i żywieniowej oraz bezpieczeństwu mikrobiologicznemu napromieniowanej żywności. Grupa ekspertów, pracująca w ramach tego projektu w końcowym raporcie [5] przyjęła ważne dla akceptacji metody rekomendacje, a mianowicie:

- „...napromieniowanie jakiegokolwiek produktu spożywczego średnią dawką promieniowania jonizującego do 10 kGy nie stwarza zagrożenia toksykologicznego, w związku z czym nie są wymagane badania toksykologiczne żywności w ten sposób konserwowanej” oraz
- „...napromieniowanie żywności średnią dawką promieniowania jonizującego do 10 kGy nie stwarza problemów żywieniowych i mikrobiologicznych”.

Rekomendacje i konkluzje wynikające z badań wykonanych w ramach wyżej wymienionego programu przekazane zostały do Międzynarodowej Komisji Kodeksu Żywnościowego (Codex Alimentarius Commission, CAC) działającej przy FAO oraz WHO i opracowującej międzynarodowe normy żywnościowe. W lipcu 1983 roku na XV sesji Komisji została przyjęta „Norma ogólna dla napromieniowanej żywności” (Codex General Standard for Irradiated Foods) oraz „Międzynarodowe Zalecenia Odnośnie Zasad Eksploatacji Urządzeń Radiacyjnych” (Code of Practice for Operation of Radiation Facilities Used for Treatment of Food) [7]. Dokumenty te określają



zasady napromieniowania żywności średnią dawką do 10 kGy oraz wymagane procedury kontroli procesu. Zalecenia Kodeksu stanowiły istotną podstawę prawną do legalizacji metody radiacyjnej konserwacji żywności w wielu krajach [8].

W celu koordynacji prac nad dalszym rozwojem i wdrożeniami technologii radiacyjnej utrwalania żywności w 1983 r. z inicjatywy FAO, IAEA i WHO powołana została Międzynarodowa Grupa Konsultacyjna do Spraw Napromieniowania Żywności (International Consultative Group on Food Irradiation, ICGFI), w pracach której uczestniczyli reprezentanci 44 krajów. Do zadań ICGFI należało wspieranie badań i rozwoju technologii napromieniowania żywności, fachowe doradztwo przy wdrożeniach tej metody w krajach członkowskich oraz wspieranie międzynarodowej współpracy w tej dziedzinie. Kadencja ICGFI pierwotnie miała obejmować lata 1984–1989, ale była kilka razy przedłużana i ostatecznie zakończyła ona swe prace w 2004 roku, przekazując kompetencje i zadania do Sekcji FAO/WHO do spraw technik nuklearnych w żywności i rolnictwie [4]. ICGFI opracowała i przyjęła wiele ważnych dokumentów regulujących różne aspekty związane z wdrażaniem technologii napromieniowania żywności, legalizacji metody, międzynarodowego handlu oraz GMP, a raczej Good Irradiation Practice. Dokumenty te publikowane są na stronach internetowych IAEA [30].

W 1999 r. grupa ekspertów z FAO, IAEA i WHO przyjęła rekomendację, że nie ma potrzeby ustalania górnego poziomu ograniczającego dawkę pochłoniętą do 10 kGy, jaką do tej pory można było stosować do napromieniowania żywności. W tej rekomendacji mówi się, że żywność napromieniowana dawką potrzebną do osiągnięcia określonego celu technologicznego jest bezpieczna do spożycia i adekwatna żywieniowo, a ograniczeniem dawki mogą być tylko własności smakowe napromieniowanego produktu [28]. W konsekwencji w 2003 r. Międzynarodowa Komisja Kodeksu Żywnościowego uaktualniła Codex General Standard for Irradiated Foods stwierdzając, że maksymalna pochłonięta dawka przy napromieniowaniu żywności nie powinna przekraczać 10 kGy, z wyjątkiem, gdy występuje konieczność osiągnięcia określonego technologicznie celu [8]. Tak więc można powiedzieć, że w technologii napromieniowania żywności cel zabiegu określa dawkę.

### **Istota i cele napromieniowania żywności, atuty i ograniczenia metody**

Żywność poddawana napromieniowaniu w urządzeniach radiacyjnych pochłania określoną dawkę energii w postaci promieniowania jonizującego, które penetruje całość materiału, powodując pożądane efekty w postaci redukcji poziomu mikroflory, destrukcji patogenów, hamowania procesów fizjologicznych i działania enzymów, a także niepożądanych reakcji chemicznych prowadzących do tworzenia określonych produktów radiolizy. Promieniowanie inaktywuje mikroorganizmy oraz zabija pasożyty obecne w żywności poprzez uszkodzenie najbardziej wrażliwych części

każdej komórki, to jest jądra i zawartego w nim DNA oraz błony komórkowej. Inaktywacja mikroflory może być bezpośrednim skutkiem absorpcji energii (teoria tarczy) lub pośredniego działania wolnych rodników powstających z jonizacji innych cząsteczek w najbliższym otoczeniu, np. cząsteczek wody. Reakcje rodnikowe z udziałem składników żywności (białka, cukry, witaminy) prowadzą do utworzenia chemicznych produktów radiolizy wykrywanych w niewielkich ilościach w napromieniowanych produktach. W przeważającej części są to takie same produkty, jakie powstają w czasie termicznej obróbki żywności [25]. Ilość powstających produktów radiolizy zależy od dawki promieniowania.

Jako najważniejsze cele napromieniowania żywności można wyróżnić:

- zmniejszenie strat produktów spożywczych na skutek działania mikroorganizmów, grzybów, szkodników, a także procesów fizjologicznych i działania enzymów (np. przedłużenie okresu świeżości, opóźnienie dojrzewania owoców i warzyw);
- poprawa jakości mikrobiologicznej i redukcja mikroflory patogennej (*Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Shigella* i inne);
- uzyskanie sterylnych produktów spożywczych, które mogą być przechowywane przez długi czas w temperaturze pokojowej (np. dla pacjentów o zmniejszonej odporności immunologicznej, kosmonautów);
- skrócenie okresu kwarantanny importowanych owoców tropikalnych (np. mango, papaja) i zapobieganie rozprzestrzenianiu się groźnych owadów.

Do atutów radiacyjnej metody konserwacji żywności można zaliczyć między innymi to, że promieniowanie działa skutecznie w całej masie produktu, proces prowadzony jest w temperaturze pokojowej i w opakowaniu zabezpieczającym przed wtórną infekcją, a także atutem jest możliwość łączenia napromieniowania z innymi metodami konserwacji np. zamrażaniem, czy stosowaniem kontrolowanej atmosfery. Jest to metoda przyjazna dla środowiska w odróżnieniu od metod chemicznych z zastosowaniem fumigantów.

Istotnym czynnikiem ograniczającym stosowanie promieniowania do utrwalania żywności mogą być zmiany sensoryczne produktu, występujące przy dawkach niższych niż zalecane technologicznie, jak to ma miejsce w przypadku mleka i produktów mleczarskich, czy produktów z jaj. Ważnym czynnikiem ograniczającym jest też stosunkowo wysoki koszt procesu, związany głównie z dużymi kosztami inwestycyjnymi. Ze względów technologicznych i efektów chemicznych bardziej korzystne jest napromieniowanie produktów wysuszonych niż zawierających duże ilości wody.

Należy podkreślić, że radiacyjna metoda utrwalania żywności nie jest metodą uniwersalną i nie zastąpi nigdy innych uznanych i sprawdzonych metod konserwacji żywności.

### Źródła promieniowania jonizującego i dawki stosowane do utrwalania żywności

Przyjęte przez Międzynarodową Komisję Kodeksu Żywnościowego normy: „Norma ogólna dla napromieniowanej żywności” oraz „Międzynarodowe Zalecenia Odnośnie Zasad Eksploatacji Urządzeń Radiacyjnych” [7] definiują, jakie źródła promieniowania mogą być stosowane do utrwalania żywności. Mogą to być zarówno źródła izotopowe emitujące promienie gamma z izotopów promieniotwórczych  $^{60}\text{Co}$  (średnia energia fotonów 1,25 MeV) lub  $^{137}\text{Cs}$  (średnia energia fotonów 0,52 MeV), jak i urządzenia elektryczne wytwarzające promieniowanie X o energii do 5 MeV lub akceleratory elektronów o energii do 10 MeV. Ograniczenie górnego poziomu emitowanej energii w urządzeniach elektrycznych ma na celu całkowite wyeliminowanie ryzyka indukowania radioaktywności wzbudzonej w napromieniowanych produktach. Wszystkie akceptowane rodzaje źródeł promieniowania powodują podobne efekty wyjaławiające przy porównywalnych dawkach promieniowania. Najczęściej stosowane są jednak urządzenia izotopowe ( $^{60}\text{Co}$ ) i akceleratory elektronów. Praktycznie nie stosuje się promieniowania X, gdyż konwersja elektronów do promieniowania X przebiega z niską wydajnością co podnosi koszty. Zaletą akceleratorów jest to, że po zakończeniu pracy mogą być wyłączone, a istotnym ograniczeniem jest niski zakres penetracji produktu przez przyspieszone elektrony (około 0,5 cm na 1 MeV energii elektronów).

Napromieniowane w urządzeniach radiacyjnych produkty spożywcze pochłaniają pewną dawkę energii, podobnie jak to ma miejsce w przypadku obróbki cieplnej, czy stosowania mikrofal. Jednostką dawki energii pochłoniętej przez napromieniowany produkt jest grej, w skrócie Gy. Jeden Gy odpowiada energii 1 J pochłoniętej przez 1 kg produktu (1 Gy = 1 J/kg). Poprzednio dawki wyrażano w radach (1 Gy = 100 radów). W praktyce dawki stosowane do napromieniowania żywności podaje się najczęściej w kilogrejach (1 kGy = 1000 Gy).

W technologii napromieniowania żywności wyróżnia się trzy poziomy dawek [27]:

- dawki niskie, poniżej 1 kGy, mogą być stosowane między innymi do hamowania procesu kiełkowania ziemniaków, cebuli, czosnku, niszczenia insektów zbożowych, eliminacji trichinozy w wieprzowinie, przedłużenia okresu dojrzewania owoców tropikalnych i skrócenia okresu ich kwarantanny;
- dawki średnie, zakres od 1 do 10 kGy, wykorzystywane są do niszczenia chorobotwórczych mikroorganizmów takich jak *Salmonella*, *Campylobacter*, *Yersinia*, *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Shigella* i inne w mięsie, drobiu i rybach oraz ograniczenia rozwoju pleśni w truskawkach i innych owocach;

- dawki wysokie, powyżej 10 kGy, wykorzystywane są do higienizacji przypraw ziołowych i warzywnych oraz wyjaławiania żywności dla określonych celów.

Żywność łatwo ulegająca zepsuciu nawet po napromieniowaniu niskimi, czy średnimi dawkami, musi być przechowywana w niskich temperaturach, ponieważ nie cała mikroflora uległa eliminacji, a poza tym promieniowanie w mniejszym stopniu ogranicza aktywność enzymów i mogą zachodzić enzymatyczne reakcje prowadzące do zmiany barwy, zapachu czy tekstury.

Obecnie na świecie jest około 170 przemysłowych urządzeń do napromieniowania, z czego około 40 w USA, większość z nich jest wykorzystywana do sterylizacji sprzętu medycznego. Około 60 urządzeń radiacyjnych ma akredytację do napromieniowania żywności, w USA około 20, we Francji 8, w Republice Południowej Afryki 5, w innych krajach jest najczęściej jedno lub najwyżej dwa takie urządzenia [15]. Urządzenia radiacyjne do napromieniowania żywności wyposażone są w system transporterów, które przenoszą opakowania z produktami z hali załadowniczej do komory, w której są one poddawane napromieniowaniu, najczęściej z możliwością obracania w pobliżu źródeł w celu uzyskania bardziej jednorodnego rozkładu dawki w całym opakowaniu. Szybkość przesuwu transportera i czas przebywania produktu w komorze radiacyjnej kontrolowane są przez program komputerowy. Napromieniowane produkty transportowane są następnie do hali, w której przechowywane są produkty napromieniowane. Do opakowania często przykleja się polimerowe wskaźniki napromieniowania, które w czasie zabiegu zmieniają kolor informując o tym, że dany produkt w danym opakowaniu był już napromieniowany.

W Polsce napromieniowanie przypraw ziołowych wykonywane jest w Stacji Pilotowej we Włochach należącej do Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie wyposażonej w akcelerator liniowy LAE 13/9 o mocy 10 kW i energii elektronów 10 MeV oraz w komorze radiacyjnej Międzyresortowego Instytutu Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej wyposażonej w izotopowe źródła kobaltowe.

### **Legalizacja napromieniowania żywności**

Napromieniowanie produktów spożywczych i wprowadzanie ich do obrotu wymaga uzyskania zezwoleń wydawanych przez uprawnione jednostki administracyjne w danym kraju zarówno w odniesieniu do poszczególnych produktów, jak i poszczególnych operatorów urządzeń radiacyjnych. W ostatnim czterdziestoleciu pozwolenia na napromieniowanie żywności wydano w około 50 krajach na różnych kontynentach i objęły one kilkadziesiąt różnych produktów spożywczych. Dokładne informacje na ten temat publikowane są na stronach internetowych IAEA [14]. W Polsce Główny Inspektor Sanitarny wydał zezwolenia na utrwalanie promieniowaniem jonizującym sześciu artykułów rolno-spożywczych (tab. 1).

Tabela 1

Artykuły rolno-spożywcze dopuszczone w Polsce do zabiegu utrwalania promieniowaniem jonizującym [12].

Agricultural and food products allowed, in Poland, of being preserved by ionizing radiation [12].

Rodzaj produktu Kind of food	Cel napromieniowania Purpose of irradiating the food	Dopuszczalna dawka [kGy] Permissible dosis	Rodzaj zezwolenia Type of permit issued	Data zezwolenia Date of permit issued
Cebula Onion	hamowanie kiełkowania to inhibit sprouting	do 0,050	bezw warunkowe unconditional	1987
Ziemniaki Potatoes	hamowanie kiełkowania to inhibit sprouting	0,025-0,10	warunkowe conditional	1990
Czosnek Garlic	hamowanie kiełkowania to inhibit sprouting	0,03-0,15	bezw warunkowe unconditional	1990
Pieczarki Meadow mushrooms	hamowanie wzrostu i starzenia to inhibit growth and ageing	1,0-2,5	warunkowe conditional	1990
Przyprawy Spices & Herbs	obniżenie zanieczyszczeń biologicznych to reduce levels of biological impurities	5,0-10,0	bezw warunkowe unconditional	1990
Susz warzywny Dried vegetables	obniżenie zanieczyszczeń biologicznych / to reduce levels of biological impurities	5,0-10,0	bezw warunkowe unconditional	1994

W Unii Europejskiej problemy związane z napromieniowaniem żywności regulują dwie dyrektywy z 1999 r., a mianowicie dyrektywa ramowa (Framework Directive 1999/2/EC) i dyrektywa wprowadzająca (Implementing Directive 1999/3/EC) obowiązujące od 20 marca 2001 r. [1]. Dyrektywa ramowa reguluje ogólne i technologiczne aspekty napromieniowania żywności, sposób oznakowania i warunki autoryzacji urzędów do napromieniowania. Dyrektywa wprowadzająca natomiast określa listę produktów dopuszczonych do napromieniowania w krajach Unii. Jak dotychczas na tej liście znalazły się tylko wysuszone zioła, przyprawy ziołowe i warzywno. Podjęte w ostatnich latach konsultacje z organizacjami konsumenckimi i zrzeszeniami producentów żywności odnośnie rozszerzenia listy produktów spożywczych dopuszczonych do napromieniowania wskazały na duży opór tych środowisk na wprowadzanie technologii radiacyjnej. Stąd mimo pozytywnej opinii Komitetu Naukowego ds. Żywności przy Radzie Unii w grudniu 2003 r. Parlament Europejski odrzucił propozycje dopuszczenia do napromieniowania takich produktów,

jak: mrożone przyprawy zielarskie, suszone owoce, płatki i kielki zbożowe, białko jaj, guma arabska, udka żabie i produkty uboczne przerobu drobiu. W niektórych państwach europejskich (Belgia, Holandia, Francja, Włochy, Wielka Brytania) napromieniowanie tych produktów jest dopuszczone, lecz obrót nimi jest ograniczony do terytorium danego kraju.

Dyrektywa ramowa Unii Europejskiej z 1999 roku określa:

- żywność może być dopuszczona do napromieniowania, jeśli występuje uzasadniona potrzeba technologiczna, a napromieniowany produkt nie stwarza zagrożenia dla zdrowia konsumenta, a wręcz przynosi mu korzyść. Napromieniowanie nie może zastępować dobrej praktyki w produkcji i rolnictwie;
- napromieniowany produkt lub produkt zawierający napromieniowane składniki musi być oznakowany poprzez zamieszczenie słów: napromienione (*irradiated*) lub poddane działaniu promieniowania jonizującego (*treated with ionising radiation*);
- nowy produkt może znaleźć się na liście dopuszczającej do napromieniowania po uzyskaniu pozytywnej opinii Komitetu Naukowego do spraw Żywności przy Radzie Unii;
- kraje członkowskie mogą stosować regulacje własne do czasu sformułowania ostatecznej listy produktów dopuszczonych do napromieniowania;
- kraje członkowskie są zobowiązane do walidacji i standaryzacji metod analitycznych pozwalających na detekcję, czy dany produkt był napromieniowany;
- napromieniowanie żywności, również importowanej, musi być prowadzone w autoryzowanych urządzeniach do napromieniowania.

Regulacje te nie odnoszą się do żywności napromieniowanej dawkami wyjąłajającymi dla pacjentów szpitali wymagających sterylnej diety.

W Polsce aktualnie obowiązuje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 15 stycznia 2003 roku (Dz.U. Nr 37 poz. 326 i 327) w sprawie warunków napromieniowania środków spożywczych, dozwolonych substancji dodatkowych lub innych składników żywności, które mogą być poddane działaniu promieniowania jonizującego, ich wykazów, maksymalnych dawek napromieniania oraz wymogów w zakresie znakowania i wprowadzania do obrotu.

Jest ono zgodne z regulacjami wyżej omówionych dyrektyw Unii Europejskiej.

Zgodnie z tym rozporządzeniem napromieniowanie produktów spożywczych jest dopuszczone wyłącznie w celu:

- eliminacji lub redukcji drobnoustrojów chorobotwórczych do poziomu zapewniającego bezpieczeństwo konsumpcji;
- zapobieganiu psuciu się żywności poprzez eliminację bakterii, pleśni, grzybów i pasożytów powodujących jej rozkład;



- przedłużenia okresu składowania świeżych owoców i warzyw poprzez hamowanie naturalnych procesów biologicznych związanych z dojrzewaniem, kiełkowaniem czy starzeniem się tych środków spożywczych.

W rozporządzeniu Ministra Zdrowia określono, że średnia dawka pochłonięta przez środki spożywcze nie może przekraczać 10 kGy.

Regulacje prawne dopuszczające znacznie szerszą gamę produktów spożywczych do napromieniowania obowiązują w Stanach Zjednoczonych. W latach 1963 i 1964 Food and Drug Administration (FDA) wydała zezwolenia na napromieniowanie pszenicy i mąki pszennej (dawki 0,20-0,50 kGy) w celu niszczenia insektów oraz na napromieniowanie ziemniaków (dawki 0,10-0,15 kGy) w celu hamowania procesu kiełkowania [2]. Dalsze pozwolenia udzielane były w kolejności: 1983 – napromieniowanie przypraw (dawka 10 kGy, od roku 1986 dopuszczono stosowanie dawki do 30 kGy) w celu niszczenia insektów i bakterii; 1985 – napromieniowanie małymi dawkami (0,30-1,0 kGy) wieprzowiny w celu ograniczenia *Trichinella spiralis*; 1986 – napromieniowanie owoców i warzyw (dawka 1,0 kGy) w celu hamowania dojrzewania i niszczenia insektów i mikroflory; 1990 – napromieniowanie dawką 3,0 kGy świeżego i mrożonego drobiu (w celu ograniczenia wzrostu bakterii *Salmonella* i innych bakterii patogennych; 1997 – pozwolenie FDA na napromieniowanie wołowiny, cielęciny i innego czerwonego mięsa (mięso chłodzone – dawka 4,5 kGy, mięso mrożone – dawka 7,0 kGy) w celu eliminacji patogenów; 2000 – końcowe pozwolenie Departamentu Rolnictwa (USDA) na napromieniowanie chłodzonego i zamrożonego surowego mięsa i półproduktów mięsnych w celu inaktywacji patogenów i kontroli rozprzestrzeniania się zatruc pokarmowych.

Stany Zjednoczone przodują też w praktycznym wykorzystaniu napromieniowania żywności. NASA już w 1972 r. wprowadziła do menu kosmonautów radiacyjnie wyjałowioną szynkę, a od 1975 r. także inne produkty z drobiu i wołowiny [3]. Napromieniowana żywność była spożywana przez kosmonautów amerykańskich i rosyjskich w czasie wykonywania wspólnych lotów w programie Apollo-Sojuz i w czasie lotów promów kosmicznych. Gotowe posiłki w odpowiednim opakowaniu są zamrażane do -40°C i napromieniowywane dawką 44 kGy, a następnie są przechowywane w temperaturze pokojowej. Szacuje się, że w 2000 r. w USA napromieniowano około 95 mln funtów przypraw, 1,5 mln funtów świeżych owoców i warzyw i około 0,5 mln funtów świeżego i mrożonego drobiu [2]. W niektórych stanach USA rozpoczęto prace pilotażowe związane z wprowadzaniem napromieniowanego mięsa do stołówek szkół publicznych z równoczesną edukacją rodziców w celu osiągnięcia akceptacji tych działań [11].

Oprócz USA do krajów wiodących we wdrażaniu technologii radiacyjnej zaliczyć można Republikę Południowej Afryki, Izrael, Kanadę, Meksyk i Brazylię. Na listach produktów dopuszczonych do napromieniowania w różnych krajach w różnym

okresie czasu jest około 40 produktów spożywczych, głównie przypraw, różnych owoców i warzyw, mięsa, drobiu, produktów pochodnych krwi, produktów kazeinowych, owoców morza i wielu innych [14].

### Aspekty zdrowotne i żywieniowe

WHO w 1992 r., na podstawie wieloletnich badań żywieniowych i analizy danych z przeszło 500 publikacji naukowych przeprowadzonych przez Komitet Ekspertów FAO/WHO/IAEA [17], stwierdziła, że „żywność napromieniowana zgodnie z dobrą praktyką wytwarzania jest bezpieczna do spożycia i wartościowa żywieniowo ponieważ:

- napromieniowanie nie wprowadza zmian składników żywności, które z toksykologicznego punktu widzenia mogłyby wpływać niekorzystnie na zdrowie człowieka;
- napromieniowanie nie wywołuje zmian mikroflory żywności, które zwiększałyby zagrożenie mikrobiologiczne dla konsumenta;
- napromieniowanie nie powoduje strat składników odżywczych żywności, które z punktu widzenia żywienia mogłyby niekorzystnie wpłynąć na jednostkę i całą populację”.

Zmiany chemiczne podstawowych składników żywności, takich jak: białka, węglowodany i tłuszcze są niewielkie przy dawkach przyjętych do napromieniowania żywności i z reguły znacznie mniejsze, jeśli proces jest prowadzony w obniżonej temperaturze i w nieobecności tlenu. Mogą natomiast wystąpić straty niektórych witamin, takich jak: tiamina, kwas askorbinowy czy witaminy A i E, które są najbardziej wrażliwe na działanie promieniowania, ale pewne straty tych witamin występują także przy obróbce termicznej żywności. Bardziej szczegółowo problemy zdrowotne i żywieniowe związane z napromieniowaną żywnością omówione są w pracach przeglądowych poświęconych temu zagadnieniu [9-10, 16-17, 23-24].

Względy zdrowotne i zapobieganie zatruciom pokarmowym wywołanym spożyciem zainfekowanej żywności, szczególnie takiej, która nie jest poddawana pełnej obróbce termicznej, spowodowały wyraźny wzrost zainteresowania napromieniowaniem produktów mięsnych i ich obrotem w USA [2]. Napromieniowanie dawkami 2,5–3,0 kGy mięsa wołowego lub drobiu zapobiega zatruciom powodowanym przez *E. coli* 0157:H7 czy *Salmonella*. Stąd w wielu sieciach marketów dostępne jest napromieniowane mięso, sprzedawane w oznakowanych zieloną koniczynką (symbol napromieniowanej żywności, tzw. radura) jednostkowych opakowaniach [20]. Napromieniowane takimi dawkami mięso wymaga oczywiście przechowywania w warunkach obniżonej temperatury, ponieważ nie cała mikroflora została wyeliminowana.

## Podsumowanie

Napromieniowanie żywności po wielu latach badań mikrobiologicznych, chemicznych, toksykologicznych, genetycznych i żywieniowych oraz wdrożeniach na skalę pilotową i przemysłową zyskało międzynarodową akceptację jako metoda utrwalania produktów spożywczych. Mimo protestów przeciwników tej technologii wyrażanej przez organizacje konsumenckie, a wynikające najczęściej z niezajomości metody, o praktycznych zastosowaniach decydują głównie względy technologiczne i ekonomiczne. Napromieniowanie nie zastąpi uznanych i sprawdzonych technologii, jak pasteryzacja mleka czy produktów z jaj albo zamrażania produktów nietrwałych, ale dobrym przykładem przewagi tej metody może być higienizacja przypraw ziołowych i warzywnych, która zastąpiła rakotwórczy tlenek etylenu stosowany poprzednio do fumigacji.

Ograniczenie zezwoleń w Unii Europejskiej do zastosowań promieniowania jonizującego tylko do suszonych przypraw ziołowych i warzywnych jest krokiem wstecz w stosunku do narodowych regulacji prawnych i praktycznych aplikacji tej technologii w wiodących krajach europejskich w ostatnim dwudziestoleciu. Niekwestionowanym liderem we wdrażaniu metody, szczególnie do niszczenia patogenów w mięsie, są obecnie Stany Zjednoczone, gdzie przykładą się dużą uwagę do ochrony zdrowia i zapobiegania chorobom związanym z zatruciami pokarmowymi.

Napromieniowanie żywności musi być zaakceptowane przez konsumentów, co wiąże się z ich edukacją w tej dziedzinie oraz przez producentów, którzy wyrażają obawy, że stosowanie napromieniowania żywności popsuje wizerunek firmy. Jasne jest, że napromieniowane produkty muszą być odpowiednio oznakowane, co powinno oznaczać, że taki produkt jest bardziej bezpieczny dla zdrowia. Wiele testów rynkowych wykazało akceptację napromieniowanych produktów (cebula, truskawki, ziemniaki, mięso wołowe, drób) przez konsumentów. Również harmonizacja obowiązujących w różnych krajach przepisów umożliwiłaby międzynarodowy obrót napromieniowanymi produktami. Takie działania wspierać może opracowanie i walidacja metod analitycznych pozwalających na wykrywanie czy dany produkt był napromieniowany.

Pewnym ograniczeniem mogą być koszty procesu, jeśli stanowią znaczny udział w stosunku do cen produktu. Stąd napromieniowanie takich masowych produktów, jak ziemniaki, czy cebula nie wszędzie może być opłacalne. Największy udział w kosztach mają nakłady inwestycyjne związane z budową dużych urządzeń przemysłowych.

Metoda utrwalania żywności charakteryzuje się dużą skutecznością w eliminacji różnych mikroorganizmów w tym patogennych. Nie dotyczy to jednak wirusów, które charakteryzują się dużą odpornością na promieniowanie, stąd nie ma szans do

wykorzystania tej metody do zwalczania ptasiej grypy niebezpiecznie rozprzestrzeniającej się w ostatnim okresie.

### Literatura

- [1] Anonim: Communication from the Commission on Food Ingredients authorized for treatment with ionizing radiation in the Community. Off. J. Europ. Commun., 2001, **C 241**, 6-10.
- [2] Anonim: Food Irradiation. Available Research Indicates That Benefits Outweigh Risks. Report of United States General Accounting Office. GAO/RCED-00-217, 2000, s. 27.
- [3] Anonim: NASA and Food Irradiation – NASA FTCSC News, 2002, Space Food Insights 10-02, [www.ag.iastate.edu/centers/ftcsc/media/1002b.html](http://www.ag.iastate.edu/centers/ftcsc/media/1002b.html)
- [4] Anonim: Report and Recommendations Arising from the Working Group Meeting on the International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI), 12-14 January 2004, Vienna, Austria.
- [5] Anonim: Wholesomeness of Irradiated Food. Summary of the Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. In: Food Irradiation Information, 1981, **11**, 8-20.
- [6] Appleby J., Banks A.J.: Brit. patent No. 1609, 1905.
- [7] CAC: Codex General Standard for Irradiated Food. CODEX STAN 106-1983. Codex Alimentarius Commission. Rome 1983.
- [8] CAC: 2003. Revised Codex General Standard for Irradiated Food. CODEX STAN 106-1983. Rev.1-2003, Codex Alimentarius Commission, Rzym. (<ftp://ftp.fao.org/codex/standard/en/CXS.106e.1.pdf>)
- [9] Diehl J.F., Josephson E.S.: Assessment of wholesomeness of irradiated food. (A review). Acta Aliment. 1994, **23(2)**, 195-214.
- [10] Elias P.S.: Food Irradiation. In: Nutritional Toxicology. Kotsonis, F.N., Mackey M., Hjelle J. (red.) Raven Press Ltd., New York 1994, pp. 149-180.
- [11] Fabi R.: USDA to allow irradiated meat in U.S. School lunches. 2002, C:\icgfi-feb03\USDA
- [12] GIS-EŽ-4431-Sd-2/90, GIS-EŽ-4431-Sd-3/90.
- [13] Goldblith S.A.: Historical development of food irradiation. In: Food Irradiation. Proc. Int. Symp. on Food Irradiation, Karlsruhe 1966, pp. 3-17.
- [14] ICGFI Databases, Clearance Database, [www.iaea.org/icgfi/data.htm](http://www.iaea.org/icgfi/data.htm).
- [15] ICGFI Databases, NAFA Authorized Food Irradiation Facilities, [www.iaea.org/icgfi/data.htm](http://www.iaea.org/icgfi/data.htm).
- [16] Josephson E.S., Thomas M.H., Calhoun W.K.: Nutritional aspects of food irradiation: An overview. J. Food Proc. Preserv. 1978, **2**, 299-313.
- [17] Lee R.P.: Irradiation to prevent food-borne illness. J. Am. Med. Assoc., 1994, **272 (4)**, 261.
- [18] Loaharanu P.: Status and prospects of food irradiation. Food Technol., 1994, 124-131.
- [19] Minck F.: Zur Frage über die Einwirkung der Röntgenschen Strahlen auf Bakterien und ihre eventuelle therapeutische Verwendbarkeit. Münch. Med. Wochenschr., 1896, **5**, 101, **9**, 202.
- [20] Minnesota Beef Council Food Irradiation Update, 2002. Updated list of restaurants and retailers marketing irradiated ground beef. C:\icgfi-sep-nov02\nov02\UPDATED LIST
- [21] Proctor B.E., van de Graff R.J., Fram H.: Reports on Quartermaster Contract Projects by the Food Technology Laboratories, MIT, 1943, p. 217.
- [22] Schwartz B.: Effects of X-rays on trichinae. J. Agric. Res., 1921, **20**, 845.
- [23] Skala J.H., Mc Gown, E.L., Waring P.P.: Wholesomeness of irradiated foods. J. Food Protect. 1987, **50 (2)**, 150-160.
- [24] Smith J.S., Pillai S.: Irradiation and food safety. Food Technol., 2004, **58 (11)**, 48-55.
- [25] Stachowicz W.: Napromieniowanie – skuteczny sposób konserwacji żywności. Postępy Techniki Jądrowej, 1994, **37 (3)**, 34-36.

- [26] Steele J.H.: Food Irradiation: A Public Health Measure Long Overdue! 1999.  
[www.food-irradiation.com/Steele.htm](http://www.food-irradiation.com/Steele.htm)
- [27] WHO, 1988. Napromienianie żywności. Technika utrwalania i poprawy jakości zdrowotnej żywności. Tłum. W. Fischer, PZWRiL, Poznań 1991.
- [28] WHO: High-dose irradiation. Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Report of joint FAO/IAEA/WHO study group. WHO technical report series 890, Genewa 1999.
- [29] Wüst O.: French patent 701 302, 1930.
- [30] [www.iaea.org/icgfi/documents/publications.htm](http://www.iaea.org/icgfi/documents/publications.htm) oraz [www.iaea.org/icgfi/documents/codes.htm](http://www.iaea.org/icgfi/documents/codes.htm)

### **FOOD IRRADIATION FROM THE TECHNOLOGICAL, LEGISLATIVE, AND INDUSTRIAL IMPLEMENTATION ASPECTS**

#### **S u m m a r y**

The paper, there is presented the current state of knowledge regarding the ionising radiation applied to preserve food, advantages and limitations of this method, food products allowed of being irradiated, recommended dose levels, food irradiation facilities, and legalizing this method in Poland, European Union, and in other countries. While discussing the historical point of view, it was accentuated what part the international organizations WHO, IAEA, and FAO played in developing this technology, conducting investigations, educating consumers, and in indispensably legalizing food irradiation technique for the purpose of implementing it in industrial applications.

**Key words:** ionizing radiation, food preservation, legal issues relating to food irradiation ☒

ZDZISŁAW TARGOŃSKI, ANNA STÓJ

## **ZAFALSZOWANIA ŻYWNOSCI I METODY ICH WYKRYWANIA**

### Streszczenie

W artykule przedstawiono sposoby fałszowania soków owocowych i przetworów owocowych, napojów alkoholowych, miodów, olejów roślinnych, mięsa i produktów mięsnych, mleka i produktów mleczarskich oraz metody ich wykrywania. Rozwój technik fałszowania żywności zmusza analityków do rozwijania metod wykrywania zafałszowań. Do oceny autentyczności żywności wykorzystuje się metody chromatograficzne, izotopowe, enzymatyczne, izotachoforezę kapilarną, atomową spektrofotometrię emisyjną, wstrzykową analizę przepływową, metody genetyczne i inne.

**Słowa kluczowe:** zafałszowania żywności, wykrywanie zafałszowań

### **Wprowadzenie**

Dla konsumentów dokonujących wyboru żywności istotne są informacje o jej jakości. Wybór żywności zależy od stylu życia, przekonań religijnych, względów zdrowotnych, żywieniowych i innych. Oznakowanie żywności powinno być rzetelne i dokładne, szczególnie gdy procesy produkcji żywności uniemożliwiają odróżnienie składników. Informacje o żywności, które muszą być podane, są ustalone prawnie w większości krajów, dlatego skład żywności powinien być dokładnie taki, jak podano na opakowaniu. Pomimo tego fałszowanie żywności jest powszechnym zjawiskiem.

Fałszowanie żywności może polegać np. na zastąpieniu składnika produktu innym składnikiem, najczęściej tańszym, na dodatku wody, braku deklaracji sposobu produkcji np. żywność utrwalana metodami radiacyjnymi, żywność genetycznie zmodyfikowana, nieprawidłowej deklaracji składu ilościowego produktu, nieprawdziwej deklaracji pochodzenia produktu [25]. Przyczyną fałszowania żywności jest chęć zwiększenia zysku poprzez obniżenie kosztów produkcji, zwiększenie konkurencyjności cenowej produktu, ukrycie faktycznego pochodzenia produktu, ukrycie niewłaściwej jakości produktu, rzadziej ukrycie błędów w procesie

---

*Prof. dr hab. Z. Targoński, dr A. Stój, Katedra Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowalnictwa, Wydz. Rolniczy, Akademia Rolnicza, ul. Skromna 8, 20-950 Lublin*



technologicznym. Skutki fałszowania żywności odczuwają zarówno konsumenci, gdyż kupują produkty niepełnowartościowe, nieautentyczne, jak i uczciwi producenci przegrywający w nieuczciwej konkurencji. Niektóre zafałszowane produkty mogą być szkodliwe dla zdrowia np. glikol etylowy w winach. Ujawnienie zafałszowania żywności szkodzi firmie, naraża na utratę rynków zbytu i kary finansowe.

Zafałszowaniom może podlegać większość produktów spożywczych: soki owocowe i przetwory owocowe, napoje alkoholowe, miody, oleje roślinne, mięso i produkty mięsne oraz mleko i produkty mleczarskie.

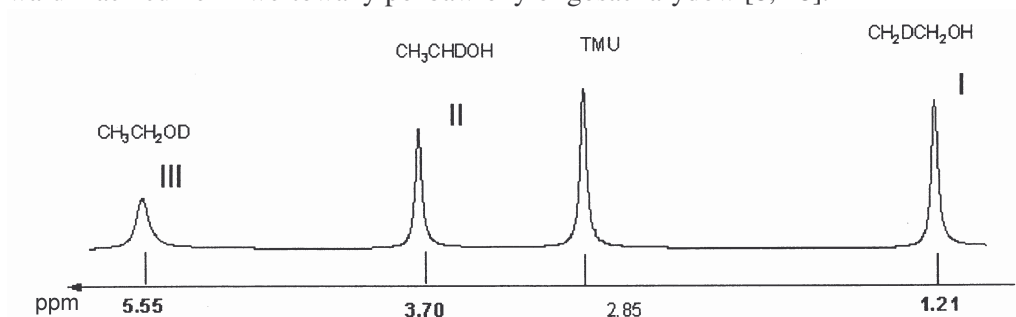
### **Soki owocowe i przetwory owocowe**

Do najczęstszych zafałszowań soków owocowych należą: dodatek cukru, dodatek kwasów organicznych, rozcieńczenie wodą, niewłaściwy skład, dodatek soku pochodzącego z części owoców (wyłoki, skórki), dodatek niedeklarowanego, tańszego soku oraz nieprawdziwa deklaracja pochodzenia soku.

W wielu krajach funkcjonują organizacje zajmujące się badaniem autentyczności soków owocowych. Wykorzystując nowoczesne techniki analizy instrumentalnej i statystycznej ustalają one zawartość standardową poszczególnych składników soków owocowych, uwzględniając fakt, że skład soków owocowych podlega wpływom wielu czynników, takich jak: odmiana owoców, stopień ich dojrzałości, warunki klimatyczno-glebowe oraz przebieg procesu technologicznego. Stowarzyszenie Przemysłu Soków i Nektarów z Owoców i Warzyw Unii Europejskiej (AIJN) opracowało Kodeks Postępowania (Codex of Practice) przy ocenie autentyczności soków owocowych. Podstawowym sposobem wykrywania niewłaściwego składu soków owocowych jest porównywanie ich składu chemicznego z ustalonymi wartościami standardowymi (ekstrakt ogólny, glukoza, fruktoza, sacharoza, kwas cytrynowy, kwas D-izocytrynowy, kwas D- i L-jabłkowy, składniki mineralne lub popiół ogółem, indeks formolowy, wolne aminokwasy, kwas fumarowy, kwas mlekowy, kwas winowy, sorbitol, hydroksymetylofurfural i inne) [5, 20, 21].

Soki znajdujące się w handlu są przede wszystkim otrzymywane przez rozcieńczenie koncentratów soków owocowych do naturalnych stężeń. W pewnych przypadkach producenci mogą dodawać więcej wody niż to wynika z przyjętych norm. W celu maskowania rozcieńczenia wodą, do soków dodają cukier i kwasy organiczne pochodzenia przemysłowego. W celu wykrycia tego rodzaju zafałszowań stosuje się metody izotopowe SIRA-MS pozwalające określić stosunki izotopów węgla  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , tlenu  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  i wodoru  $^2\text{H}/^1\text{H}$  za pomocą spektrometru masowego, gdyż znana jest prawidłowość, że udział poszczególnych izotopów w przyrodzie jest stały. W celu odróżnienia cukru naturalnego od cukru dodanego stosuje się metodę analizy stosunku izotopów węgla (SCIRA-MS). Rośliny należące do różnych szlaków metabolicznych:  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$ , CAM w czasie fotosyntezy wytwarzają cukry różniące się stosunkami izotopów

węgla. Metoda SCIRA-MS jest stosowana do wykrywania dodatku cukru trzcinowego i kukurydzianego ( $C_4$ ) do soków owocowych ( $C_3$ ), ale tą metodą nie można wykryć dodatku cukru buraczanego do soków owocowych, gdyż zarówno burak cukrowy, jak i owoce, z których otrzymuje się soki, należą do tego samego szlaku metabolicznego ( $C_3$ ). Wówczas stosuje się metodę izotopową SNIF-NMR, czyli metodę wyznaczenia względnego obsadzenia frakcji izotopów przy wykorzystaniu jądrowego rezonansu magnetycznego. W tej metodzie wykorzystano kolejną prawidłowość, że zawartość deuteru w specyficznych miejscach cząsteczki cukru naturalnego jest większa aniżeli w cukrze buraczanym. Soki owocowe poddaje się fermentacji alkoholowej, a otrzymany etanol destyluje się ilościowo i analizuje techniką NMR (rys. 1). Dodatek cukru inwertowanego można pośrednio wykryć poprzez analizę oligosacharydów metodą wysokociśnieniowej chromatografii anionowymiennej z detekcją amperometryczną (HPAEC-PAD). Oligosacharydy są zanieczyszczeniami powstającymi w czasie hydrolizy cukru. Jednak ta metoda nie jest wiarygodna, gdyż endogenne oligosacharydy mogą czasami powstawać w autentycznych sokach o wysokim ekstrakcie wskutek hydrolizy cukrów, a także można wyprodukować w odpowiednich warunkach cukier inwertowany pozbawiony oligosacharydów [8, 18].



Rys. 1.  $^2\text{H}$  NMR spektrum etanolu [16].

Fig. 1.  $^2\text{H}$  NMR spectrum of ethanol [16].

Za pomocą HPLC i metod enzymatycznych można wykryć przekroczenie zawartości standardowych cukrów i kwasów organicznych [2, 19]. W ostatnich latach do analizy kwasów organicznych stosuje się izotachoforezę kapilarną. W izotachoforezie używane są dwa elektrolity – jeden zawiera jon wiodący (leasing ion), drugi ograniczający (termining ion). Jon wiodący odznacza się największą ruchliwością elektroforetyczną w układzie, większą aniżeli jakikolwiek jon w rozdzielanej mieszaninie. Jon ograniczający drugiego elektrolitu charakteryzuje się, w stosunku do rozdzielanych jonów w mieszaninie, najmniejszą ruchliwością. Analizowaną próbkę wstrzykuje się pomiędzy oba elektrolity. W ten sposób jony zawarte w próbce nie są wypierane przez jon ograniczający, a strefy są niezwykle ostro

zarysowane i ułożone według malejącej ruchliwości. Zwykle składniki próby rozdzielane są w rurkach lub cienkościennych kapilarach (szkło, teflon, inne polimery) w regulowanym polu prądu stałego. Po upływie pewnego czasu od rozpoczęcia rozdziału układ osiąga równowagę i wszystkie jony wędrują z jednakową prędkością (stąd nazwa metody). Izotachforeza kapilarna pozwala oznaczyć kwas D-izocytrynowy, który jest wskaźnikiem autentyczności wielu soków [11, 12].

Sok naturalny można odróżnić od soku odtworzonego z koncentratu przez pomiar stosunku izotopów tlenu i wodoru w wodzie soku owocowego. Wiadomo jest bowiem, że woda w owocach zawiera więcej izotopów tlenu  $^{18}\text{O}$  i deuteru w porównaniu z wodami gruntowymi, na skutek procesów parowania wody z gleby i roślin [8]. Świeży sok ma lepszą jakość sensoryczną niż sok otrzymany po rozcieńczeniu koncentratu, gdyż nie wszystkie składniki lotne są odzyskiwane i dodawane do koncentratu po zagęszczeniu. Składniki lotne można oznaczyć za pomocą chromatografii gazowej połączonej z fotometrią płomieniową (GC-FID) [18].

Wykrycie dodatku soku pochodzącego z części owoców (wytłoki, skórki) jest możliwe poprzez analizę pierwiastków śladowych, takich jak: krzem, wapń i sód, które są obecne w wodzie użytej do przeciwprądowej ekstrakcji części owoców. Do analizy pierwiastków śladowych stosuje się atomową spektrofotometrię emisyjną z wykorzystaniem indukcyjnie wzbudzonej plazmy (ICPAES). Ekstrakt z wytłoków i skórek zawiera znacznie więcej pektyn niż autentyczny sok. Technika pirolizy pozwala na stwierdzenie różnic między próbkami o różnym poziomie pektyn. Technika pirolizy polega na kontrolowanym ogrzewaniu próbki w metalowym pojemniku pod wysoką próżnią. Produkty powstające w wyniku rozkładu próby (zwęglenia) są analizowane za pomocą spektrometrii masowej (Py MS). Analiza statystyczna wyników (PCA, CVA) wskazuje różnice między autentycznym sokiem i sokiem z dodatkiem soku ze skórek i wytłoków. Pektyny można także rozłożyć enzymami pektynolitycznymi do kwasu galakturonowego i oznaczyć metodą wysokociśnieniowej chromatografii anionowymiennej z detekcją amperometryczną (HPAEC-PAD). Inne metody oznaczania dodatku soku ze skórek i wytłoków to: elektroforeza kapilarna i spektroskopia NIR w połączeniu z analizą statystyczną [18].

Zafałszowania soków owocowych polegające na dodatku niedeklarowanego soku można wykryć poprzez analizę związków fenolowych metodą HPLC. Naryrutyna i hesperydyna są charakterystyczne dla soku pomarańczowego, a naryngina i neohesperydyna są używane do detekcji soku grejpfrutowego. Wskaźnikiem dodatku soku jabłkowego do soku i nektaru gruszkowego może być florydzyna [18].

Nieprawdziwe pochodzenie soku, np. soku pomarańczowego, można stwierdzić dzięki atomowej spektrofotometrii emisyjnej z wykorzystaniem indukcyjnie wzbudzonej plazmy (ICPAES), a także techniką pirolizy z detekcją za pomocą spektrometru masowego (Py MS) [9].

## Napoje alkoholowe

Zafałszowania napojów alkoholowych mogą polegać na: dodatku cukru trzcinowego i buraczanego do win, dodatku ekstraktów owoców bogatych w antocyjany w celu barwienia win, nieprawdziwej deklaracji odmiany winogron i regionu pochodzenia, dodatku *Lactobacillus* w celu przyspieszenia dojrzewania win, nieprawdziwej deklaracji gatunku wyrobów spirytusowych, maskowaniu braku leżakowania napojów alkoholowych.

Zafałszowania polegające na dodatku cukru trzcinowego i buraczanego do win można wykryć, podobnie jak w przypadku soków owocowych, za pomocą metod izotopowych SCIRA-MS i SNIF-NMR [18].

Wina mogą być barwione przez dodatek ekstraktów owoców bogatych w antocyjany, np. ekstraktu z bzu czarnego. Ten rodzaj zafałszowania można stwierdzić na podstawie analizy antocyjanów metodą HPLC. Obecność cyjanidyno-3-sambubiozydo-5-glukozydu, charakterystycznego dla bzu czarnego, świadczy o barwieniu win [3].

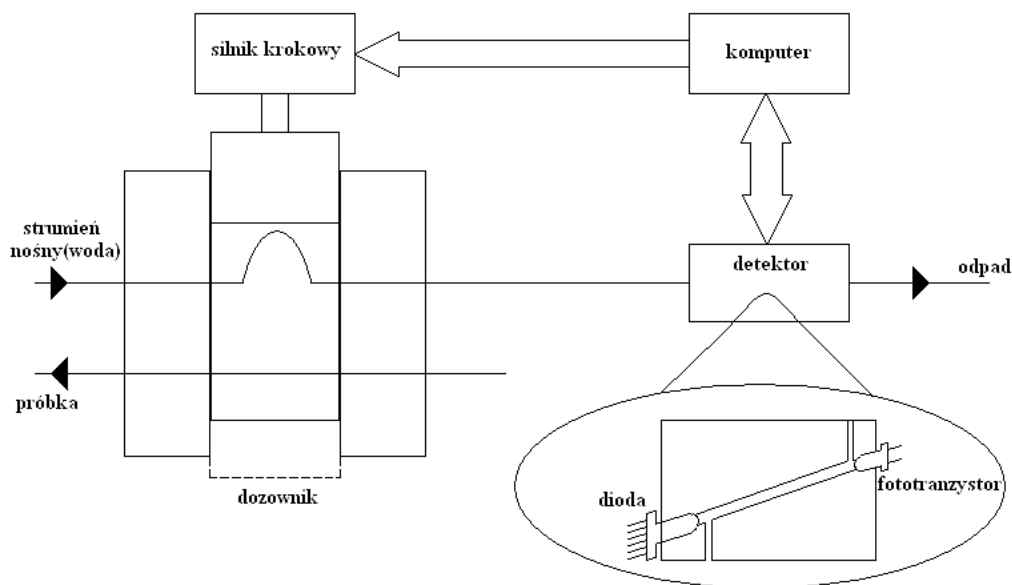
Analiza związków fenolowych metodą HPLC jest stosowana do rozróżnienia odmiany winogron i regionu pochodzenia win. Na podstawie stężenia 3-acyloglukozydów i 3-p-kumaryloglukozydów malwidyny i peonidyny, a także epikatechiny, katechiny i mirycetyny można odróżnić wina Grenache, Cabernet, Merlot i Cabernet Sauvignon. Wskaźnikami odmiany winogron mogą być również składniki lotne. Profile monoterpenów, takich jak: linalol,  $\alpha$ -terpineol, tlenek trans-linalolu, tlenek cislinalolu, nerol i geraniol, oznaczone metodą kapilarnej chromatografii gazowej, również umożliwiają klasyfikację odmianową win [18].

Dojrzewanie win może być przyspieszone przez dodatek mikroorganizmów *Lactobacillus*, które konwertują kwas jabłkowy do kwasu mlekowego, zmniejszając ogólną kwasowość. Ten rodzaj zafałszowania można wykryć przez analizę kwasów organicznych metodą chromatografii gazowej z detekcją za pomocą spektrometru masowego. W naturalnie dojrzewających winach kwas D-mlekowy występuje w niskich stężeniach. Wyższe stężenia kwasu D-mlekowego są wytwarzane przez *Lactobacillus* [16].

Rozróżnienie gatunku napojów spirytusowych, np. whisky, jest możliwe poprzez analizę ich składu metodami chromatograficznymi. Do oznaczania składników lotnych, które powstają obok etanolu w czasie fermentacji alkoholowej, takich jak: wyższe alkohole, estry, aldehydy, laktony stosuje się chromatografię gazową w połączeniu ze spektrofotometrią masową. Nielotne składniki ekstrahowane do whisky z beczek dębowych podczas leżakowania oznacza się za pomocą HPLC z detekcją spektrofotometryczną, a lotne związki fenolowe będące produktami rozkładu lignin w czasie palenia słodu – za pomocą HPLC z detekcją fluorescencyjną [18].

Podczas leżakowania do napojów alkoholowych jest ekstrahowany z beczek dębowych  $\beta$ -metylo- $\gamma$ -oktalakton. Składnik ten kształtuje aromat napojów alkoholowych. W napojach alkoholowych naturalnie występują dwa izomery tego związku. Obecność czterech izomerów tego związku świadczy o dodaniu syntetycznego laktonu, co można stwierdzić metodą chromatografii gazowej z detekcją za pomocą spektrometru masowego [16].

Metody chromatograficzne służące do wykrywania zafałszowań wymagają kosztownego sprzętu i odczynników i nie są możliwe do zastosowania poza laboratorium. W ostatnich latach poszukuje się nowatorskich metod oceny autentyczności napojów alkoholowych, które są szybkie i nie wymagają przygotowania próby. Taką metodą jest zautomatyzowana wstrzykowa analiza przepływowa (FIA) z detekcją fotometryczną (rys. 2).



Rys. 2. System wstrzykowej analizy przepływowej (FIAS) [7].

Fig. 2. Flow injection analysis system (FIAS) [7].

Po wstrzyknięciu do strumienia nośnego, jakim jest woda, próbka ulega dyspersji. Pomiar gradientu współczynnika refrakcji (efekt Schlieren) odbywa się w fotometrze przy długości fali 625 nm. Każdy napój alkoholowy (brandy, rum, whisky) ma charakterystyczny gradient, który ulega modyfikacjom pod wpływem dodatku wody lub etanolu. Dane są analizowane techniką chemometryczną SIMICA, umożliwiającą wytworzenie wzorców klasyfikacyjnych do oceny zafałszowań napojów alkoholowych [7]. Inną metodą jest pomiar potencjału napojów alkoholowych za pomocą systemu

multisensorowego elektronicznego trzpienia (ET) ze stałymi membranami i analiza statystyczna wyników. Przez odpowiedni dobór związków chemicznych, stanowiących materiał elektrodoaktywny membran, uzyskuje się czułość na różne jony. Dzięki tej metodzie można rozpoznać gatunek napoju spirytusowego, wykryć obecność zanieczyszczeń w wódkach, odróżnić alkohol syntetyczny od otrzymanego z ziarna zbóż, a także stwierdzić leżakowanie w beczkach dębowych [13].

### **Miody**

Zafałszowania miodów polegające na dodatku cukru trzcinowego i kukurydzianego wykrywa się metodą SCIRA-MS, a dodatku cukru buraczanego metodą HPAEC-PAD – poprzez analizę oligosacharydów powstających podczas hydrolizy cukru.

Nieprawdziwa deklaracja pochodzenia botanicznego miodu jest możliwa do stwierdzenia metodą SCIRA-MS, jak również przez rozdział flawonoidów metodą HPLC-DAD [6, 15, 17].

### **Oleje roślinne**

Olej otrzymuje się w wyniku mechanicznej ekstrakcji z nasion lub tańszym sposobem, na drodze ekstrakcji z makuchów. Zafałszowania olejem otrzymanym z ekstrakcji makuchów identyfikuje się metodą SCIRA-MS [21].

Dodatek tłuszczu zwierzęcego (wołowego, kurzego) do olejów roślinnych można wykryć metodą chromatografii gazowej, oznaczając estry metylowe kwasów tłuszczowych [14].

Zafałszowania oliwy z oliwek tańszymi olejami roślinnymi (sojowym, słonecznikowym) ocenia się także na podstawie analizy estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej [4], stosując spektroskopię w podczerwieni (FTIR) [22] oraz SCIRA-MS.

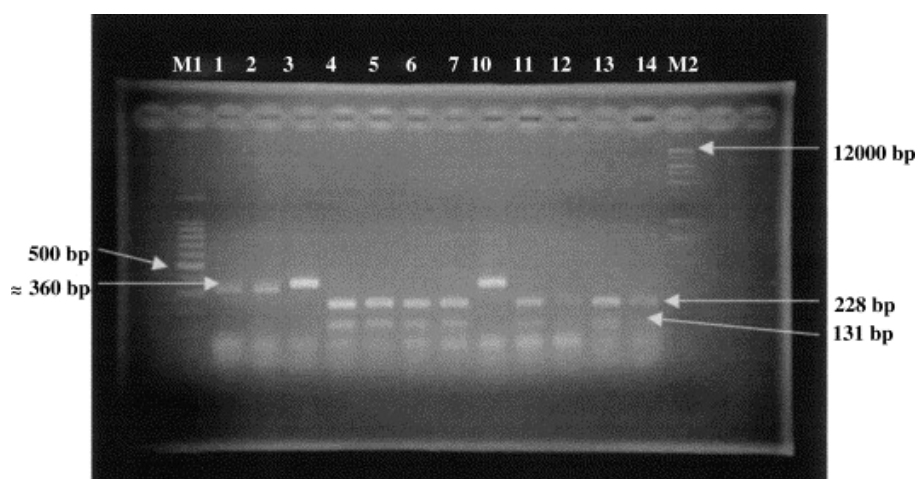
### **Mleko i produkty mleczne**

Dodatek mleka krowiego do mleka koziego lub owczego można wykryć za pomocą elektroforezy, analizy immunologicznej i HPLC-UV, oznaczając specyficzne białka mleka. Analiza proteolizy kazeiny w czasie dojrzewania serów przy zastosowaniu elektroforezy i HPLC-UV pozwala rozpoznać sery owcze i kozie produkowane z dodatkiem mleka krowiego [23, 24]. Zafałszowania mleka polegające na dodatku rozcieńczonego mleka w proszku identyfikuje się poprzez określenie stosunku  $\beta$ -kazeiny do  $\alpha$ -albuminy metodą elektroforezy [18].



### Mięso i produkty mięsne

Nieprawdziwa deklaracja pochodzenia mięsa surowego jest możliwa do stwierdzenia przez analizę białek za pomocą metod immunologicznych (ELISA) i elektroogniskowania [18]. Te metody nie są odpowiednie do wykrywania zafałszowań produktów mięsnych, gdyż w procesie technologicznym, pod wpływem temperatury, białka ulegają denaturacji. W ostatnich latach coraz większe znaczenie w wykrywaniu zafałszowań żywności odgrywają metody genetyczne oparte na identyfikacji charakterystycznych fragmentów DNA. Metody te wykorzystuje się do wykrywania niedeklarowanego dodatku mięsa wieprzowego do produktów z mięsa wołowego i kurzego, dodatku tańszej odmiany tuńczyka do konserw z tuńczyka, jak również niedeklarowanego dodatku podrobów [1, 25]. Metody genetyczne mają wiele zalet: obecność DNA w każdej komórce, informacja zawarta w DNA jest o wiele bogatsza niż w białku, DNA jest cząsteczką dość stabilną. Znanych jest kilka technik DNA stosowanych do identyfikacji różnych gatunków mięsa. Techniki te oparte są na amplifikacji wybranych fragmentów genomu metodą PCR (reakcja łańcuchowa polimerazy). Amplifikacja PCR jest przeprowadzana na mitochondrialnym DNA (mt DNA), przede wszystkim na genach cytochromu b ze względu na stosunkowo dużą jego ilość w porównaniu z jądrowym DNA. Ponadto mt DNA mający naturę kołistą jest bardziej odporny na cieplną degradację. Metoda PCR polega na wielokrotnym powtarzaniu cykli polimeryzacji DNA przez termostabilną polimerazę. W pojedynczym cyklu zachodzą reakcje, które uzależnione są od temperatury, tj.: termiczna denaturacja powielonego DNA w temp. 94°C, asocjacja 20-30-nukleotydowych starterów polimeryzacji z komplementarnymi sekwencjami DNA w temp. około 55°C i polimeryzacja DNA w temp. 72°C. Po 20–30-cyklach PCR uzyskuje co najmniej milion fragmentów powielonego DNA [21].





Rys. 3. Profil cytochromu b po trawieniu enzymami restrykcyjnymi Bsa JI. M1-100 bp DNA, 1- baranina, 2- wołowina, 3- mięso kurczaka, 4,5,6 i 7- wieprzowina, 10- tłuszcz kurczaka, 11,12,13 i 14- słonina, M2- 1 kb DNA [1].

Fig. 3. Bsa JI restriction profile of cytochrome b. M1-100 bp DNA, 1- mutton, 2- beef, 3- chicken meat, 4,5,6 and 7- pork, 10- chicken fat, 11,12,13 and 14- lard, M2-1 kb DNA [1].

Produkty amplifikacji PCR poddawane są następnie trawieniu za pomocą enzymów restrykcyjnych (technika PCR-RFLP – restriction fragment length polymorphism) lub sekwencjonowaniu (technika PCR-FINS – forensically informative nucleotide sequencing) i rozdzielaniu za pomocą elektroforezy.

Technika PCR-RFLP ma wiele zalet: jeden uniwersalny starter PCR w kombinacji z kilkoma enzymami restrykcyjnymi jest wystarczający do identyfikacji gatunków, nie są konieczne informacje na temat badanej próby, dokładna selekcja enzymów restrykcyjnych zapobiega niejednoznacznym rezultatom wynikającym z polimorfizmu wewnątrzgatunkowego. PCR-RFLP jest prostą alternatywą sekwencjonowania DNA. Fragmenty DNA 131 i 228 bp powstałe w wyniku trawienia enzymami restrykcyjnymi Bsa JI pozwalają na identyfikację mięsa wieprzowego (rys. 3) [1].

Sekwencjonowanie DNA zachodzi za pomocą tych samych starterów, które były stosowane do amplifikacji PCR. Utworzone dzięki sekwencjonowaniu fragmenty DNA 357, 238, 137 i 87 bp umożliwiają identyfikację mięsa wieprzowego [10].

## Podsumowanie

Fałszowanie żywności jest powszechnym zjawiskiem dotyczącym większości produktów żywnościowych. Wykrywanie zafałszowań żywności jest trudne z uwagi na coraz bardziej wyrafinowane metody zafałszowań, jak i na stosowanie coraz bardziej wyrafinowanych technik detekcji. Zastosowanie metod statystycznych (chemometrycznych) ułatwia interpretację wyników badań autentyczności produktów żywnościowych.

## Literatura

- [1] Aida A.A., Che Man Y.B., Wong C.M.V.L., Raha A.R., Son R.: Analysis of raw meats and fats of pigs using polymerase chain reaction for Halal authentication. *Meat Sci.*, 2005, **69**, 47-52.
- [2] Boccorh R.K., Paterson A., Piggot J.R.: Factors influencing quantities of sugars and organic acids in blackcurrant concentrates. *Z. Lebensm. Unters. Forsch., A* 1998, **206**, 273-278.
- [3] Bridle P., Garcia-Viguera C.: A simple technique for the detection of red wine adulteration with elderberry pigments. *Food Chem.*, 1996, **55**, 111-113.

- [4] Christopoulou E., Lazaraki M., Komaitis M., Kaselimis K.: Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of oils with vegetable oils. *Food Chem.*, 2004, **84**, 463-474.
- [5] Code of Practice for Evaluation of Fruit and Vegetable Juices, Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Economic Community, Brussels 1996.
- [6] Cordella Ch., Militao J.S.L.T., Clement M.C., Drajnudel P., Cabrol-Bass D.: Detection and quantification of honey adulteration via direct incorporation of sugar syrups or bee-feeding: preliminary study using high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) and chemometrics. *Anal. Chim. Acta*, 2005, **531**, 239-248.
- [7] da Costa R.S., Santos S.R.B., Almeida L.F., Nascimento E.C.L., Pontes M.J.C., Lima R.A.C., Simoes S.S., Araujo M.C.U.: A novel strategy to verification of adulteration in alcoholic beverages based on Schlieren effect measurements and chemometrics techniques. *Microchemical J.*, 2004, **78**, 27-33.
- [8] Czapski J., Tyma P.: Metody wykrywania zafałszowań przetworów owocowych. *Przem. Ferment. Owoc. Warz.*, 1996, **40**, 22-25.
- [9] Garcia-Wass F., Hammond D., Mottram D.S., Gutteridge C.S.: Detection of fruit juice authenticity using pyrolysis mass spectroscopy. *Food Chem.*, 2000, **69**, 215-220.
- [10] Hsieh H.S., Chai T., Cheng C.A., Hsieh Y.W., Hwang D.F.: Application of DNA technique for identifying the species of different processed products of swordfish meat. *J. Food Sci.*, 2004, **69**, 1-6.
- [11] Jezek J., Suhaj M.: Application of capillary isotachopheresis for fruit juice authentication. *J. Chromat. A*, 2001, **916**, 185-189.
- [12] Kvasnicka F., Voldrich M., Pys P., Vins I.: Determination of isocitric acid in citrus juice – a comparison of HPLC, enzyme set and capillary isotachopheresis methods. *J. Food Compos. Anal.*, 2002, **15**, 685-691.
- [13] Legin A., Rudnitskaya A., Vlasov Y.: Electronic tongue for quality assessment of ethanol, vodka and eau-de-vie. *Anal. Chim. Acta*, 2005, **534**, 129-135.
- [14] Marikkar J.M.N., Ghazali H. M., Che Man Y. B., Peiris T.S.G., Lai O.M.: Use of gas liquid chromatography in combination with pancreatic lipolysis and multivariate data analysis techniques for identification of lard contamination in some vegetable oils. *Food Chem.*, 2005, **90**, 23-30.
- [15] Martin I.G., Macias E. M., Sanchez J.S., Rivera B.G.: Detection of honey adulteration with beet sugar using stable isotope methodology. *Food Chem.*, 1998, **61**, 281-286.
- [16] Martin G. G., Wood R., Martin G. J.: Detection of added beet sugar in concentrated and single strength fruit juices by deuterium nuclear magnetic resonance (SNIF-NMR Method): collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 1996, **79**, 917-928.
- [17] Monsandl A.: Progress in the authenticity assessment of wines and spirits. *Analysis Magazine*, 1997, **25**, 31-38.
- [18] Padovan G.J., de Jong D., Rodrigues L.P., Marchini J.S.: Detection of adulteration of commercial honey samples by the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotopic ratio. *Food Chem.*, 2003, **82**, 633-636.
- [19] Simpkins W., Harrison M.: The state of the art in authenticity testing. *Trends Food Sci. Technol.*, 1995, **6**, 321-328.
- [20] Simsek A., Artik N., Baspinar E.: Detection of raisin concentrate (Pekmez) adulteration by regression analysis method. *J. Food Compos. Anal.*, 2004, **17**, 155-163.
- [21] Stój A., Targoński Z., Malik A.: Metody wykrywania zafałszowań soków z owoców jagodowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **26**, 26-36.
- [22] Targoński Z., Zafałszowania żywności i metody ich wykrywania. *Przem. Spoż.*, 2000, **54**, 9-11.
- [23] Tay A., Singh R.K., Krishman S.S., Gore J.P.: Authentication of olive oil adulterated with vegetable oils using Fourier transform infrared spectroscopy. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 2002, **35**, 99-103.

- [24] Veloso A.C.A., Teixeira N., Peres A.M., Mendonca A., Ferreira I.M.P.L.V.O.: Evaluation of cheese authenticity and proteolysis by HPLC and urea-polyacrylamide gel electrophoresis. *Food Chem.*, 2004, **87**, 289-295.
- [25] Veloso A.C.A., Teixeira N., Ferreira I.M.P.L.V.O.: Separation and quantification of the major casein fractions by reverse-phase high-performance liquid chromatography and urea-polyacrylamide gel electrophoresis, Detection of milk adulterations. *J. Chromatogr. A*, 2002, **967**, 209-218.
- [26] Woolfe M., Primrose S.: Food forensics: using DNA technology to combat misdescription and fraud. *Trends Biotechnol.*, 2004, **22**, 222-226.

## FOOD ADULTERATION AND METHODS OF DETECTING

### S u m m a r y

In the paper, there are presented some methods of adulterating fruit juices and other processed fruit products, alcoholic beverages, honeys, vegetable oils, meat and meat products, milk and milk products, as well as methods of detecting this adulteration. Food technology analysts are forced to develop the adulteration detecting methods since the techniques of adulterating food also develop. The following methods are applied to evaluate the genuineness of food: chromatographic, isotopic, and enzymatic methods, capillary isotachopheresis, atomic emission spectrophotometry, flow injection analysis, genetic methods, and many other.

**Key words:** food adulterations, detection of adulterations 

DOROTA GUMUL, JAROSŁAW KORUS, BOHDAN ACHREMOWICZ

**WPLYW PROCESÓW PRZETWÓRCZYCH NA AKTYWNOŚĆ  
PRZECIWUTLENIAJĄCĄ SUROWCÓW  
POCHODZENIA ROŚLINNEGO**

Streszczenie

Źródłem związków fenolowych w diecie są owoce, warzywa oraz nasiona roślin strączkowych i ziarna zbóż. Przez wiele lat polifenole uważano za substancje antyodżywcze, a obecnie znaczenie tej grupy związków jako aktywnych składników żywności znacznie wzrosło, ze względu na prowadzone w ostatnich latach badania dotyczące ich prozdrowotnego działania na organizm ludzki. Związki polifenolowe uważane są za przeciwutleniacze pokarmowe, których aktywność jest wielokrotnie większa od aktywności witamin, takich jak A, E i C.

Wpływ procesów przetwórczych na aktywność przeciwutleniającą surowców roślinnych nie jest jednoznaczny, a zmiany aktywności przeciwutleniającej dotyczące danej operacji technologicznej zależą od użytego surowca roślinnego. Do procesów przetwórczych, po których aktywność przeciwutleniająca nie ulega zmianie lub wzrasta należą: krótkotrwała obróbka termiczna, blanszowanie/mrożenie oraz fermentacja alkoholowa.

**Słowa kluczowe:** aktywność przeciwutleniająca, polifenole, procesy przetwórcze

**Wprowadzenie**

Polifenole stanowią największą grupę wśród naturalnych przeciwutleniaczy, bardzo zróżnicowaną pod względem struktury, masy cząsteczkowej oraz właściwości fizykochemicznych i biologicznych. Są to drugorzędowe metabolity rozpowszechnione w świecie roślin, występujące przeważnie w postaci glikozydów i estrów, niesyntetyzowane w organizmach zwierząt. Powstają z metabolitów pierwotnych czyli węglowodanów według dwóch dotychczas poznanych mechanizmów biosyntezy, czyli kwasów: szikimowego i octanowo-malonowego [18]. Źródłem związków fenolowych w diecie są owoce, warzywa oraz nasiona roślin strączkowych i ziarna zbóż. Przez wiele lat polifenole uważano za substancje antyodżywcze i pogarszające barwę produktów, z uwagi na ich łatwość utlenienia się do chinonów i polimeryzacje do

barwnych związków wielkocząsteczkowych. Te same cechy polifenoli, które stanowią podłoże ich negatywnego działania, czyli łatwość wchodzenia w reakcje redoks oraz wychwytywanie wolnych rodników, stanowią podstawę do zakwalifikowania ich do grupy przeciwutleniaczy pokarmowych.

Znaczenie tych związków jako aktywnych składników żywności znacznie wzrosło ze względu na prowadzone w ostatnich latach badania dotyczące ich prozdrowotnego działania na organizm ludzki [4, 10, 12].

Jedną z przyczyn zainteresowania się przeciwutleniaczami pokarmowymi jest fakt rozbieżności pomiędzy badaniami klinicznymi – nie zawsze potwierdzającymi korzystne efekty spożywania witamin przeciwutleniających, a badaniami epidemiologicznymi – wskazującymi na występowanie mniejszej częstotliwości pewnych chorób i mniejszej umieralności, szczególnie na choroby sercowo – naczyniowe i nowotworowe, w populacjach spożywających większe ilości owoców, warzyw i zbóż. Impulsem do zwrócenia uwagi na polifenole była próba wyjaśnienia tzw. paradoksu francuskiego – mimo spożywania przez Francuzów diety stosunkowo bogatej w tłuszcze, głównie nasycone, zaobserwowano relatywnie małą częstotliwość występowania chorób sercowo-naczyniowych, bowiem spożywają oni czerwone wino bogate w polifenole, zwłaszcza z grupy flawonoidów [5].

Pod pojęciem „polifenole” rozumie się kilka grup związków o zróżnicowanej budowie: kwasy hydroksybenzoesowe, kwasy hydroksycynamonowe, stilbeny, flawonoidy (flawonole, flawanony, flawanole, antocyjany, izoflawony) i taniny [17, 18].

### **Aktywność przeciwutleniająca polifenoli**

Wspólną cechą tych związków jest występowanie w ich cząsteczce grup fenolowych, czyli grup -OH powiązanych z węglami pierścienia aromatycznego. Obniżona gęstość elektronowa na atomie tlenu grupy fenolowej powoduje że energia wiązania wodoru jest znacznie mniejsza niż w przypadku grupy -OH występującej w związkach alifatycznych. Związki fenolowe łatwo oddają wodór i przechodzą w semichinony, które ulegają polimeryzacji do związków barwnych. Dzięki zdolności przenoszenia protonów i elektronów związki te nie tylko same ulegają utlenieniu, ale również poprzez chinony powstające w wyniku utlenienia mogą pośredniczyć w utlenieniu związków niereagujących bezpośrednio z tlenem. Efektywność związków polifenolowych zależy w dużej mierze od masy cząsteczkowej i struktury oraz stężenia. Aktywność kwasów fenolowych wzrasta w znacznym stopniu, jeśli zawierają one w cząsteczce dwie grupy hydroksylowe w konfiguracji -orto. Do takich związków o wysokiej aktywności przeciwutleniającej należy np. kwas kawowy, a obecność trzeciej grupy -OH powoduje dalszy wzrost aktywności przeciwutleniającej, jak ma to miejsce np. w cząsteczce kwasu galusowego [18].

W przypadku flawonoidów, czyli polifenoli o większej masie cząsteczkowej, aktywność przeciwutleniająca zależy od lokalizacji podstawników i jest trudniejsza do ustalenia. Hydroksylacja pierścienia B w tych związkach jest głównym czynnikiem wpływającym na wzrost tej aktywności. Istotną rolę odgrywa również grupa karbonylowa przy C-4 (pierścień C) oraz występowanie grup hydroksylowych przy C-3 (pierścień C) i C-5 (pierścień A). Takie usytuowanie podstawników sprzyja tworzeniu trwałych chelatów z metalami, w tym również z jonami miedzi i żelaza. Hamują one w ten sposób zdolność metali ciężkich do katalizowania reakcji utleniania i procesu powstawania wolnych rodników [18].

Polifenole jako przeciwutleniacze w żywności działają w kilku kierunkach: wiążą wolne rodniki, wygaszają tlen singletowy, terminują wolnorodnikowe reakcje łańcuchowe, chelatują metale katalizujące reakcje utleniania oraz inaktywują enzymy z grupy oksydaz. Wielokierunkowość działania związków fenolowych jako przeciwutleniaczy w żywności sprawia trudności w oszacowaniu potencjału przeciwutleniającego, do oznaczenia którego można zastosować wiele metod. Opracowane metody określania tej aktywności uwzględniają odmienne właściwości przeciwutleniaczy [2]. Określanie aktywności przeciwutleniającej jest związane z użyciem rodnika (TEAC I, TEAC II, TEAC III, TRAP, DMPD) lub z zastosowaniem jonów metali (FRAP).

Oznaczenie aktywności przeciwutleniającej polega na pomiarze zdolności do wygaszenia wolnego rodnika (TEAC II, TEAC III, DMPD i FRAP) lub na pomiarze stopnia inhibicji utleniania (TEAC I, TRAP) [19]. Do sposobów wyrażania aktywności przeciwutleniającej zalicza się: RSA (procentowa zdolność wygaszania wolnego rodnika),  $IC_{50}$  (określa ilość przeciwutleniacza potrzebną do 50-procentowej redukcji badanych rodników), TEAC (stężenie Troloxu odpowiadające aktywności 1 mM badanego przeciwutleniacza). Aktywność przeciwutleniająca polifenoli zależy od: budowy i polarności związku, jego stabilności w środowisku reakcji oraz sposobu wyodrębnienia związków fenolowych z materiału roślinnego [16].

### **Zmiany przeciwutleniaczy podczas obróbki kulinarnej i technologicznej**

Do niedawna uważano, że procesy przetwórcze stosowane w przemyśle spożywczym są przyczyną degradacji naturalnych przeciwutleniaczy i zmniejszania się aktywności przeciwutleniającej żywności. Prowadzone zwłaszcza w ostatnich latach badania dowiodły, że wpływ przetwórstwa na aktywność przeciwutleniającą warzyw i owoców oraz nasion roślin strączkowych i zbóż nie jest jednoznaczny. Zmniejszeniu zawartości naturalnych przeciwutleniaczy w produkcie może towarzyszyć zwiększenie ich aktywności przeciwutleniającej ze względu na łatwiejszą dostępność pozostałych przeciwutleniaczy i tak na przykład rozkład ścian komórkowych pod wpływem ogrzewania lub enzymatycznej hydrolizy zwiększa biodostępność  $\beta$ -karotenu. Natomiast do przyczyn obniżających potencjał przeciwutleniający podczas

przetwarzania surowców roślinnych zalicza się: utlenienie przeciwutleniacza, kompleksowanie z innymi składnikami żywności, modyfikacje enzymatyczne, zwiększony potencjał oksydacyjny środowiska oraz przejście formy przeciwutleniającej w proutleniającą [3].

Obróbka wstępna czyli obieranie, cięcie czy rozdrabnianie obniża potencjał przeciwutleniający materiału roślinnego o 20 do 60% w stosunku do surowca wyjściowego z powodu działania polifenolooksydazy [11]. Podobnie przemiał zbóż powoduje spadek aktywności przeciwutleniającej końcowego produktu [20, 21].

Blanszowanie surowców roślinnych z jednej strony powoduje wymywanie różnych składników, z drugiej wpływa na inaktywację enzymów odpowiedzialnych za utlenianie enzymatyczne występujących w owocach i warzywach naturalnych przeciwutleniaczy. Warzywa i owoce poddane blanszowaniu zachowują w większym stopniu swoją aktywność przeciwutleniającą w trakcie przechowywania niż surowce nieblanszowane [1, 6, 14, 15]. Według Pimia i wsp. [15] aktywność przeciwutleniająca zblanszowanych warzyw (groszek, kalafior, marchew, brokuły i ziemniaki) podczas 6- i 12-miesięcznego przechowywania nie uległa zasadniczym zmianom i w większości przypadków była na stałym poziomie. Ponadto zaobserwowano 10-procentowy wzrost potencjału przeciwutleniającego zblanszowanej marchwi i ziemniaków niezależnie od czasu przechowywania.

W przypadku karotenoidów, a zwłaszcza likopenu i  $\beta$ -karotenu, nawet wysokotemperaturowe procesy, jak sterylizacja czy gotowanie, nie powodują dużych strat tych składników, a w związku z tym obniżenia związanej z ich obecnością aktywności przeciwutleniającej. Wysoka termostabilność naturalnych przeciwutleniaczy nie jest jednak cechą często spotykaną. Większość związków zaliczanych do tej grupy wykazuje wysoki stopień labilności i małą odporność na czynniki środowiska, dlatego procesy przetwórcze powodują znaczne straty naturalnych przeciwutleniaczy. Na przykład kwas askorbinowy ulega stosunkowo łatwo utlenieniu pod wpływem działania enzymów lub tlenu oraz termicznemu rozkładowi w takich procesach, jak: blanszowanie, gotowanie, pasteryzacja, sterylizacja, suszenie lub mrożenie. Ponadto zmniejszenie zawartości kwasu askorbinowego i polifenoli w warzywach i owocach poddanych działaniu ciepła może wynikać z ich udziału w różnych reakcjach. Alternatywą dla żywności przetworzonej może być spożywanie surowych owoców i warzyw, jednak takie operacje jak obieranie i rozdrabnianie, jak już wcześniej wspomniano, mogą być przyczyną strat naturalnych przeciwutleniaczy (kwasu askorbinowego, polifenoli) spowodowanych rozkładem enzymatycznym lub dostępem tlenu [14].

Istotnym czynnikiem jest także środowisko. Na przykład ogrzewanie produktów roślinnych w wodzie powoduje stosunkowo szybkie przenikanie ciepła do wnętrza tkanek, co z kolei jest przyczyną dłuższego wyeksponowania na ten czynnik całej objętości przetwarzanego produktu i dużych strat przeciwutleniaczy.



Podczas ogrzewania w powietrzu wewnątrz produktu ma temperaturę niższą niż powierzchnia, co powoduje mniejsze straty przeciwutleniaczy, dlatego też zalecane jest gotowanie surowców roślinnych w parze. Ismail i wsp. [7], badając wpływ krótkotrwałej obróbki termicznej na potencjał przeciwutleniający szpinaku oraz kapusty, stwierdzili, że aktywność obniżała się o około 10%. Według Jeonga i wsp. [8] ogrzewanie skórek cytrynowych powodowało wzrost aktywności przeciwutleniającej, proporcjonalny do temperatury i czasu trwania procesu. Skórki ogrzewane w temp. 150°C przez 1 godz. wykazywały kilkakrotnie wyższą aktywność przeciwutleniającą w porównaniu ze skórkami naturalnymi. Natomiast już po 30 min ogrzewania w temp. 150°C stwierdzono pojawienie się nowych związków o charakterze przeciwutleniającym, np. kwasu ferulowego i wanilinowego. Jiratanan i Liu [9] poddali typowym zabiegom przetwórczym, stosowanym w przemyśle, buraki i nasiona fasoli. W przypadku buraków zanotowali 8-procentową stratę witaminy C, 5-procentowy wzrost zawartości polifenoli i aktywność przeciwutleniającą na niezmiennym poziomie. Natomiast w przypadku fasoli aktywność przeciwutleniająca zmniejszyła się o 20%, zawartość witaminy C pozostała na niezmiennym poziomie, a zawartość polifenoli zmalała o 32%. Według Grajka [3], korzystny wpływ krótkotrwałej obróbki termicznej jest spowodowany: usunięciem tlenu, zdenaturowaniem enzymów z grupy oksydoreduktaz oraz przejściem przeciwutleniacza w formę bardziej aktywnej (aglikon).

Wpływ procesu hydrotermicznego na ilość polifenoli oraz na aktywność materiału roślinnego zależy od surowca roślinnego. Zieliński wraz z zespołem [22] zaobserwowali 5-krotny wzrost zawartości dominującego kwasu ferulowego w surowcu zbożowym po procesie ekstruzji. Termiczna obróbka jęczmienia i owsa wyraźnie obniżyła aktywność ekstraktów uzyskanych przy użyciu roztworu buforowego, do eliminowania SOD (dysmutazy ponadtlenkowej). Z kolei analiza przy zastosowaniu wolnego rodnika ABTS wykazała nieznacznie większą aktywność przeciwutleniającą ekstraktów z ekstraktów zbożowych w porównaniu z materiałem wyjściowym [23].

Smażenie w tłuszczu, oprócz działania temperatury, powoduje dodatkowo straty związków przeciwutleniających na skutek ich reakcji z powstającymi podczas rozkładu tłuszczu wolnymi rodnikami [3].

Nebesny i Budryn [13] badały wpływ sposobu palenia kawy na zachowanie aktywności przeciwutleniającej, stosując ogrzewanie konwencjonalne i mikrofalowe. Zarówno pod względem aktywności przeciwutleniającej, jak i zdolności wiązania wolnych rodników oba sposoby ogrzewania powodowały obniżenie tych cech. W obu przypadkach ogrzewanie mikrofalowe powodowało mniejsze straty aktywności przeciwutleniającej i zdolności wiązania wolnych rodników niż ogrzewanie konwencjonalne, co było spowodowane mniejszymi ubytkami przeciwutleniaczy.

W technologii soków zmniejszenie pojemności przeciwutleniającej związane jest z oddzieleniem części nierozpuszczalnych w wodzie od soku komórkowego, rozcieńczeniem soków, klarowaniem i długotrwałym przechowywaniem. Wartość TEAC soku z czarnej porzeczki wynosi 6,8-12  $\mu\text{moli Tx/g}$ , a surowca wyjściowego – czarnej porzeczki 24,6-39,1  $\mu\text{moli Tx/g}$ . Jest to związane z zawartością moszczu macierzystego w soku, który wynosi około 40%, czego konsekwencją jest tak duże obniżenie pojemności przeciwutleniającej soków z czarnej porzeczki. Natomiast fermentacja alkoholowa stosunkowo dobrze stabilizuje potencjał przeciwutleniający surowców roślinnych, co wynika z niskiego potencjału redoks, jaki występuje podczas fermentacji beztlenowej moszczów [5].

Nie tylko przetwarzanie, ale również długotrwałe przechowywanie surowców roślinnych wzmacnia procesy enzymatycznego lub chemicznego utleniania składników polifenolowych, a stopień tych zmian zależy od rodzaju surowca lub od czynników samego środowiska, np. temperatury, pH, aktywności wody, czasu, ilości tlenu. Stwierdzono na przykład, że utlenianie enzymatyczne powoduje znacznie większe obniżenie aktywności przeciwutleniającej niż utlenianie chemiczne, a z kolei podczas utleniania chemicznego polifenoli duży wpływ na ich aktywność ma temperatura [14].

Z kolei częściowe utlenienie polifenoli może skutkować ich zwiększoną zdolnością wiązania wolnych rodników w porównaniu z polifenolami nieutlenionymi. Zjawisko takie obserwowano np. w przypadku katechiny poddanej enzymatycznemu utlenianiu, jednak większy stopień utlenienia powodował utratę aktywności przeciwutleniających. Zwiększenie zdolności wiązania wolnych rodników przez częściowo utlenione polifenole można wytłumaczyć ich większą zdolnością uwalniania atomu wodoru grupy hydroksylowej przy pierścieniu aromatycznym i/lub zwiększonymi możliwościami utrzymywania przez pierścień aromatyczny niesparowanych elektronów poprzez delokalizację w powłoce  $\pi$  [14].

Składniki żywności o charakterze przeciwutleniającym mogą także reagować ze sobą, co prowadzi do trudnych do przewidzenia zmian aktywności przeciwutleniającej, a stosowane procesy przetwórcze mogą dodatkowo wpływać na kształt tych zmian. Związane jest to głównie z reakcjami redoks pomiędzy przeciwutleniaczami lub przeciwutleniaczami i produktami utleniania tłuszczów. Zauważono np. że po dodaniu niewielkiej ilości oliwy do puree pomidorowego, w ciągu kilku godzin znacznemu obniżeniu ulegała zawartość kwasu askorbinowego. Spowodowane to było reakcją wygaszania przez ten składnik rodnikowych form  $\alpha$ -tokoferolu znajdujących się w oliwie [14].

## Podsumowanie

Źródłem związków fenolowych w diecie są owoce, warzywa oraz nasiona roślin strączkowych i ziarna zbóż. Przez wiele lat polifenole uważano za substancje antyodżywcze, a obecnie znaczenie tej grupy związków jako aktywnych składników

żywności znacznie wzrosło, ze względu na prowadzone w ostatnich latach badania dotyczące ich prozdrowotnego działania na organizm ludzki.

Wpływ procesów przetwórczych na aktywność przeciwutleniającą surowców roślinnych nie jest jednoznaczny, a zmiany aktywności przeciwutleniającej dotyczące danej operacji technologicznej zależą od użytego surowca roślinnego. Do procesów przetwórczych, po których aktywność przeciwutleniająca nie ulega zmianie lub wzrasta należą: krótkotrwała obróbka termiczna, blanszowanie/mrożenie oraz fermentacja alkoholowa.

### Literatura

- [1] Chu Y.H., Chang C.L., Hsu H.F.: Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J. Sci. Food Agric.*, 2000, **80**, 561-566.
- [2] Frankel E. N., Meyer A.S.: The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidant. *J. Sci. Food Agric.*, 2000, **80**, 1925-1941.
- [3] Grajek W.: Zmiany potencjału przeciwutleniającego surowców roślinnych w procesach przetwórczych i w czasie trawienia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, **4 (37)**, 26-35.
- [4] Hirvonen T., Pietinen P., Virtanen M., Ovaskainen M.L., Hakkinen S., Albanes D., Virtamo J.: Intake of flavonols and risk of coronary heart disease in male smokers. *Epidemiology*, 2001, **12 (1)**, 62-67.
- [5] Horubała A.: Pojemność przeciwutleniająca i jej zmiany w procesach przetwarzania owoców i warzyw. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 1999, **3**, 30-32.
- [6] Hunter K.J., Fletcher J.M.: The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 2002, **3**, 399-406.
- [7] Ismail A., Zamaliah M. Z., Foong W.C.: Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem.*, 2004, **87**, 581-586.
- [8] Jeong S.M., Kim S.Y., Kim D.R., Jo S.C., Nam K.C., Ahn D.U., Lee S.C.: Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 3389-3393.
- [9] Jiratanan T., Liu R.H.: Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 2659-2670.
- [10] Law M.R., Morris J.K.: By how much does fruit and vegetable consumption reduce the risk of ischaemic heart disease? *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1998, **52 (8)** 549-556.
- [11] McCarthy M.A., Mathews R.H.: Nutritional quality of fruits and vegetables subjected to minimal process. In: *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Ed. by R. C. Wiley), New York 1994.
- [12] Mitek M., Kalisz S.: Współczesne poglądy na właściwości przeciwutleniające soków owocowych i warzywnych. *Przem. Spoż.*, 2003, **5**, 37-40.
- [13] Nebesny E., Budryn G.: Antioxidative activity of green and roasted coffee beans as influenced by convection and microwave roasting methods and content of certain compounds. *Eur. Food Res. Technol.*, 2003, **217**, 157-163.
- [14] Nicoli M.C., Anese M., Parpinel M.: Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.*, 1999, **10**, 94-100.
- [15] Puupponen-Pimia R., Hakkinen S., Marjukka A., Suortii T., Lampi A., Euroola M., Pironen V., Nuutila A., Oksman-Caldentey K.: Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *J. Sci. Food Agric.*, 2003., **83**, 1389-1402.
- [16] Rice-Evans C. A., Miller N.J., Paganga G.: Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radic. Biol. Med.*, 1996., **20**, 933-956.

- [17] Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G.: Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Science 1997, **2** (4), 152-159.
- [18] Rosicka-Kaczmarek J.: Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. Przegl. Piek. Cuk., 2004, **6**, 12-16.
- [19] Schliesier K., Harwat., Bohm V., Bitsch R.: Assessment of antioxidant activity by using different *in vitro* methods. Free Radical Res. 2002, **36** (2), 177-187.
- [20] Slavin J.L., Martini M.C., Jacobs D. R., Marquart L.: Plausible mechanism of protectiveness of whole grains. Am. J. Clin. Nutr. 1999, **70**, 459S-463S.
- [21] Wołoch R., Pisulewski P.: Wpływ procesów technologicznych na właściwości antyoksydacyjne ziarna nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2003, **2** (35), 42-49.
- [22] Zieliński H., Kozłowska H., Lewczuk B.: Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. Innovative Food Sci. Emerg. Technol., 2001, **2**, 159-169.
- [23] Zieliński H., Kozłowska H.: Superoxide scavenging activity of cereal grains before and after hydrothermal processing. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2000, **9/50**, 85-90.

#### THE EFFECT OF PROCESSING OPERATIONS ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PLANT RAW MATERIALS

##### S u m m a r y

The main source of phenolic compounds in our diet are fruits, vegetables, seeds of leguminosae, and cereal grains. For many years, polyphenols have been treated as anti-nutrient substances, but, now, the importance of these components as active food ingredients has increased as a result of investigations conducted during the recent years and referring to the pro-health effect of those plant raw materials on human organism. Polyphenols are regarded food antioxidants the activity of which is by several times higher than of vitamins A, E, and C.

The effect of processing operations on the antioxidant activity of plant raw material is not clear-cut, and changes in their antioxidant activity referring to a given technological process depend on the plant raw material applied. There are several processing operations after which the antioxidant activity does not change or gets increased; they include: short thermal treatment, blanching/freezing, and alcoholic fermentation.

**Key words:** antioxidant activity, polyphenols, processing operations ☒

MAREK GIBIŃSKI, DOROTA GUMUŁ, JAROSŁAW KORUS

## **PROZDROWOTNE WŁAŚCIWOŚCI OWSA I PRODUKTÓW OWSIANYCH**

### **Streszczenie**

Owies i produkty owsiane są ważnym źródłem wielu cennych składników o znaczeniu odżywczym i biologicznym, a przede wszystkim białek, tłuszczów, błonnika, węglowodanów oraz związków mineralnych i witamin. Na uwagę zasługuje zawartość błonnika pokarmowego, którego np. w płatkach owsianych jest około 14%, w tym frakcji nierozpuszczalnej ponad 6%, a rozpuszczalnej blisko 8%. Tak wysoki poziom frakcji rozpuszczalnej jest wśród zbóż charakterystyczny tylko dla owsa, a najistotniejszym składnikiem tej frakcji są  $\beta$ -glukany. Istnieje pogląd, że formy rozpuszczalne polisacharydów nieskrobiowych są szczególnie wartościowe w żywieniu człowieka.

Zdaniem lekarzy i żywieniowców, produkty owsiane mogą stanowić cenne uzupełnienie diety, zwłaszcza u osób z chorobami, takimi jak: hipocholesterolemia, nadwaga, zaburzenia czynności przewodu pokarmowego, obniżona sprawność psychofizyczna, niedobory białka, miażdżyca czy nadciśnienie.

**Słowa kluczowe:** aminokwasy egzogenne,  $\beta$ -glukany, błonnik, owies, przeciwutleniacze, właściwości prozdrowotne

### **Wprowadzenie**

Od dwóch tysięcy owies stanowił jeden z podstawowych składników codziennej diety. Ceniono go za doskonałe cechy agrotechniczne, szczególne właściwości lecznicze, jak też za wysokie walory odżywcze. Owies jest zbożem mało wymagającym pod względem warunków uprawy. Dobrze plonuje na terenach suchych, jak i wilgotnych, na nizinach i w terenie górzystym, a także na ziemiach ubogich, o odczynie gleby pH od 4,5 do 7,2. Owies toleruje niedobory wapnia, a także dużą zawartość jonów glinu i manganu [25]. Ponadto zasługuje na uwagę jako roślina fitosanitarna w płodozmianach zbożowych. Owies wydziela bowiem specyficzne substancje organiczne o działaniu fungistycznym w stosunku do występujących w glebie patogenów. Tylko sporadycznie atakują go choroby przenoszone przez glebę i resztki poźniwne, równocześnie jego ryzosfera zasiedlana jest przez zbiorowisko

grzybów, które korzystnie wpływają na poplon innych zbóż jarych. Budowa morfologiczna rośliny (wysoki łan, szerokie liście, głębokie korzenie) sprzyja zmniejszeniu występowania chwastów. Wcześniej zauważono jego właściwości fitosanitarne, stąd też często stosuje się go w płodozmianach z dużym (pow. 50%) udziałem zbóż. Dobrze znosi uprawę po zbożach, sam też jest dość dobrym przedplonem dla innych zbóż. W medycynie ludowej napar z owsa stosowany był przy wysokich gorączkach, przeciwskurczowo, przeczyszczająco i wzmacniająco [7]. Na przełomie wieków XIX i XX używano naparu z owsa jako preparatu do leczenia uzależnienia opiumowego i jako środka ograniczającego sięganie po papierosy.

Sprowadzenie w XVII w. do Europy ziemniaków i ich szybka ekspansja, a także postępujące uprzemysłowienie doprowadziły do zmniejszenia znaczenia tego zboża.

Dopiero rozwój metod analitycznych, jak również poznanie procesów przemian ustrojowych na nowo spowodowały wzrost zainteresowania owsem.

Wiedza o poszczególnych składnikach: białku, tłuszczu, węglowodanach, solach mineralnych, witaminach i przeciwutleniaczach poszerzona o pełnią przez nie rolę w organizmie człowieka sprawiły, że w Wielkiej Brytanii ilość owsa przeznaczonego do konsumpcji wynosi ok. 44%, a tylko 38% kierowane jest na pasze [6], podczas gdy w Polsce do celów konsumpcyjnych wykorzystuje się zaledwie 3–5% [19].

## **Żywnościowe walory składników owsa**

### *Węglowodany*

W porównaniu z innymi zbożami zawartość polisacharydów w owsie jest najniższa. Na około 1% całkowitej ilości mono- i oligosacharydów przypada głównie sacharoza (640 mg/100 g), rafinoza (190 mg/100 g), fruktoza i glukoza (odpowiednio: 91 i 52 mg/100 g). W grupie polisacharydów dominuje skrobia, której owies zawiera około 55% (tab. 1), co stanowi około 10% mniej w porównaniu z innymi zbożami [16, 25]. Skrobia jest najważniejszą substancją zapasową zbóż i najbardziej rozpowszechnionym polisacharydem, zmagazynowanym tylko w bielmie. Pozostała część ziarna: okrywa i zarodek są jej pozbawione. Z polisacharydów złożonych na uwagę zasługują: hemiceluloza i celuloza – składowe błonnika pokarmowego, a także tworzące strukturę ścian komórkowych.

Znaczenie skrobi w żywieniu wynika z jej podatności na hydrolizę enzymatyczną i możliwości wchłaniania powstałych produktów rozkładu w jelicie cienkim [38]. Częściowo strawiona skrobia ma podobny wpływ na jelito cienkie jak włókno pokarmowe: zmienia czas pasażu treści pokarmowej – oddziałując na szybkość wchłaniania składników pokarmowych, modyfikuje wydzielanie lub aktywność enzymów trawiennych, wpływa na wydzielanie hormonów [12, 39]. Część niestrawionej przez enzymy skrobi dostaje się do okrężnicy, gdzie na skutek bakteryjnego rozkładu powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (octowy, propionowy, masłowy),

przeciwdziałające takim schorzeniom, jak: atrofia błony śluzowej, zakażenia czy zapalenie jelita grubego, a w szczególnych przypadkach nowotwory [22].

Tabela 1

Skład chemiczny wybranych odmian owsa oplewionego i nieoplewionego oraz podstawowych gatunków zbóż [% s.m.].

Chemical composition of some selected, hulled and de-hulled varieties of oat, as well as of basic kinds of cereals [% d.m.].

Składnik Component	Owies – Odmiany z łuską Oat – varieties with hull				Owies – Odmiany bez łuski Oat – de-hulled varieties				Żyto Rye	Jęczmień Barley	Pszenica Wheat
	Chwat	Cwał	Hetman	Sam	Chwat	Cwał	Hetman	Sam			
Skrobia Starch	40,5	44,9	40,9	42,3	56,0	60,8	58,7	56,5	62	62	69
Białko Protein	11,7	11,4	12,4	11,4	15,4	15,1	16,5	13,5	12	10	16
Tłuszcz Lipids	5,0	4,5	4,8	4,7	6,3	5,9	6,5	6,0	1,2	1,5	1,5
Błonnik Fibre	32,7	28,8	32,0	27,2	13,2	12,1	12,0	14,1	13	3-8	11
$\beta$ -glukany $\beta$ -glucans	4,9	3,9	3,9	4,7	5,0	4,9	5,1	5,1	1,7	5-8	1,0
Popiół Ash	2,6	2,7	2,7	2,7	2,0	1,9	2,0	1,8	2,0	2,5	1,8

Źródło: / Source: badania własne / results obtained from the authors' own studies and investigations

### Błonnik pokarmowy

Owies i produkty owsiane są ważnym źródłem błonnika pokarmowego w diecie. Ziarno owsa (całe nieobtuszczone) zawiera przeciętnie 32% błonnika (tab. 1), zaś płatki owsiane około 14%, w tym frakcji nierozpuszczalnej ponad 6%, a rozpuszczalnej blisko 8%. Tak wysoki poziom frakcji rozpuszczalnej jest wśród zbóż charakterystyczny tylko dla owsa [5]. Istnieje pogląd, że formy rozpuszczalne polisacharydów nieskrobiowych są szczególnie wartościowe w żywieniu człowieka (tab. 2) [26, 30]. Najistotniejszym rozpuszczalnym w wodzie składnikiem włókna pokarmowego owsa są  $\beta$ -glukany. Jest to mieszanina nierozgałęzionych łańcuchów  $\beta$ -D-glukozy połączonych wiązaniami  $\beta$ -1,3,  $\beta$ -1,4,  $\alpha$ -1,4 i  $\beta$ -1,6 glukozydowymi [9, 37].

Tabela 2



Wpływ frakcji błonnika owsa na przewód pokarmowy.  
The effect of dietary fibre fraction on gastrointestinal tracts of humans.

Frakcja nierozpuszczalna: Non-soluble fraction:	Frakcja rozpuszczalna: Soluble fraction:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pobudza funkcje żucia, wydzielania śliny działającej ochronnie na zęby</li> <li>2. Wykazuje zdolność wiązania wody</li> <li>3. Buforuje i wiąże nadmiar kwasu solnego w żołądku</li> <li>4. Wpływa na wydzielanie hormonów przewodu pokarmowego (gastryny)</li> <li>5. Zwiększa objętość treści pokarmowej w jelicie cienkim</li> <li>6. Wpływa na zwiększone wydzielanie soków trawiennych</li> <li>7. Pobudza ukrwienie jelit</li> <li>8. Poprzez mechaniczne drażnienie ścian jelita grubego wpływa na jego perystaltykę, chroni przed zaparciami, uchyłkowatością jelit, polipami, żylakami odbytu i chorobą nowotworową</li> <li>9. Zmniejsza wartość energetyczną diety i daje uczucie sytości.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prawie w całości ulega degradacji bakteryjnej w jelicie grubym (jest pożywką dla bakterii), powoduje rozluźnienie masy kałowej</li> <li>2. Tworzy żele o dużej lepkości, zwiększa gęstość treści pokarmowej</li> <li>3. Zwalnia czas pasażu</li> <li>4. Ma zdolność wychwytywania toksycznych związków, zapobiega wchłanianiu ich w jelicie</li> <li>5. Działa odtruwająco (dzięki obecności kwasu glukuronowego)</li> <li>6. Odgrywa dużą rolę w zaburzeniach gospodarki lipidowej (obniża stężenie cholesterolu, wiąże znaczne ilości kwasów żółciowych, zwiększa wydalanie tłuszczów ze stolcem, opóźnia wchłanianie triacylogliceroli)</li> <li>7. Powoduje zwolnienie wchłaniania glukozy</li> <li>8. Wzbogacenie diety produktami bogatymi w <math>\beta</math>-glukany, zapobiega niedokrwiennej chorobie serca, wzmacnia system immunologiczny</li> <li>9. Zapobiega namnażaniu komórek nowotworowych,</li> <li>10. Ułatwia gojenie ran i zapobiega infekcjom skórnym</li> </ol>

Źródło: / Source: [1, 2, 3, 5, 14]

Zawartość błonnika w przetworach zbożowych jest zróżnicowana, co wynika z nierównomiernego rozmieszczenia błonnika w ziarnie. Wytworzone z całego ziarna: mąka i pieczywo razowe, kasze oraz płatki – tzw. śniadaniowe (owsiane, jęczmienne, kukurydziane, ryżowe) są najbardziej wartościowym źródłem tego składnika (tab. 2). Szczególne zainteresowanie błonnikiem owsa wynika z jego zdolności do szybkiej i znacznej redukcji cholesterolu we krwi [23, 24]. Tę cenną właściwość nadają  $\beta$ -glukany, które zwiększają lepkość treści pokarmowej, absorbują kwasy żółciowe i cholesterol egzogenny w przewodzie pokarmowym.  $\beta$ -glukany tworzą także na wewnętrznej stronie jelita cienką warstwę ochronną, która ogranicza wchłanianie cholesterolu [20]. Z kolei Bartnikowska i wsp.[1] uważają, że w wyniku kwaśnej fermentacji bakteryjnej powstają znaczne ilości lotnych, krótkołańcuchowych kwasów węglowych (masłowy, propionowy, octowy), które mogą ograniczać syntezę cholesterolu.  $\beta$ -glukany mają właściwość tworzenia żeli w przewodzie pokarmowym [31], co przyczynia się do zmniejszenia stężenia glukozy we krwi po posiłku. Żele wiążą składniki odżywcze i

opóźniają ich wchłanianie do komórek nabłonka. Utrudniony jest również dostęp enzymów trawiennych do węglowodanów [3].  $\beta$ -glukany wzmacniają układ immunologiczny człowieka poprzez aktywację fagocytów odpowiedzialnych za wchłanianie obcych substancji i komórek [37], stwarzając możliwości wykorzystania ich w terapii nowotworowej [28].

Tabela 3

Zawartość wybranych aminokwasów egzogennych w handlowych płatkach owsianych, w wybranych odmianach owsa oraz w innych zbożach, w porównaniu ze średnim zapotrzebowaniem człowieka [g/100 g].

The content of some selected exogenous aminoacids in commercial oat flakes, in some selected varieties of oat, and in other cereals compared with the average daily demand of humans [g/100 g].

Wybrane aminokwasy egzogenne Selected exogenous aminoacids	Dziennie zapotrzebowanie Daily demand	Jęczmień obtuszczoney Dehulled barley	Kukurydza Corn	Pszemica Wheat	Żyto Rye	Płatki owsiane Oat flakes	Ziarno owsa odmiany: Oat grain of the following variety named as:				
							Chwat	Cwat	Hetman	Sam	Akt
Walina Valine	0,8	0,6	0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Leucyna Leucine	1,1	0,8	1,3	0,9	0,6	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,0
Izoleucyna Isoleucine	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
Metionina + cystyna Methionine+Cysteine	1,1	0,4	0,3	0,5	0,3	0,6	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7
Treonina Threonine	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
Fenylalanina + tyrozyna Phenylalanine + Tyrosine	1,1	1,0	0,9	1,0	0,7	1,4	1,5	1,3	1,5	1,3	1,2
Lizyna Lysine	0,8	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4

Źródło: / Source: [14]

Odporność na infekcje zwiększa się również poprzez rozwój pożądanej mikroflory bakteryjnej w jelicie grubym, której pożywką jest błonnik pokarmowy [2].

$\beta$ -glukany wraz z amylodekstrynami powstałymi podczas hydrolizy enzymatycznej zmielonego owsa oraz z niewielkimi ilościami tłuszczu, białka i substancji mineralnych wchodzi w skład preparatu zwanego oatrim. Dzięki swym właściwościom może być on stosowany jako zamiennik tłuszczu. Jeden gram tego preparatu dostarcza tylko 1 kcal, przy kaloryczności tłuszczu wynoszącej 9 kcal/g [24].

### *Białka*

Białka owsa różnią się w zasadniczym stopniu od innych zbóż swoim składem frakcyjnym, znaczną ilością globulin, których ilość oceniana jest na około 50–80% masy wszystkich białek [4] oraz niską zawartością prolaminy i gluteliny w ilości 20–25%. Proporcja ta sprzyja ich wysokiej wartości biologicznej, nawet przy wzroście zawartości białka, co wśród zbóż jest typowe tylko dla owsa [14]. Rzeczywista wartość biologiczna białek jest określana za pomocą składu aminokwasowego oraz ich strawności. Uwzględniając obie te wartości oblicza się wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS – Chemical Score) skorygowanego o strawność rzeczywistą białka (TD – True Digestibility) [4]. Wartość tego wskaźnika w odmianach owsa uprawianych w Kanadzie kształtuje się na poziomie 55–59% w odmianach nagoziarnistych, a w oplewionych – średnio 62%. Dla porównania wskaźnik aminokwasu ograniczającego białka jaja kurzego wynosi 95%, sojowego – 86%, a kukurydzy – 29% [4].

W badaniach laboratoryjnych na zwierzętach oznacza się wydajność wzrostową białka (PER – Protein Efficiency Ratio) określającą przyrost masy ciała na jednostkę spożycia białka [13]. PER kazeiny bez metioniny traktuje się jako wzorzec i ma maksymalną wartość 100. W płatkach owsianych wydajność wzrostowa białka wynosi 84, a w pszenicy tylko 55 [14].

Wysoki współczynnik wydajności wzrostowej PER owsa, jak również bogaty skład aminokwasowy, zwłaszcza pod względem zawartości aminokwasów egzogennych, dodatkowo podnoszą wartość zdrowotną owsa.

Jakość białka, która stanowi jego wartość biologiczną, zależy od zawartości pojedynczych aminokwasów egzogennych oraz ich sumy, a także od wzajemnych proporcji między nimi. W tab 3. przedstawiono zawartość aminokwasów egzogennych w płatkach owsianych, w porównaniu z czterema innymi zbożami oraz średnim dziennym zapotrzebowaniem człowieka na te aminokwasy. Dane te wskazują, że 100 g płatków pokrywa dzienne zapotrzebowanie człowieka na 7 z 10 aminokwasów egzogennych. W przypadku owsa występuje tylko niedobór lizyny i aminokwasów siarkowych, natomiast pozostałe cztery zboża wyraźnie ustępują zawartością aminokwasów egzogennych w ich białkach. W kukurydzy tylko ilość leucyny, a w pszenicy zawartość fenyloalaniny i tryptofanu są zbliżone do poziomu przewidzianego zapotrzebowaniem. W jęczmieniu i życie zawartość aminokwasów egzogennych nie dorównuje zalecanemu poziomowi.

Aminokwasowy skład obłuszczonego ziarniaka owsa jest bardziej korzystny pod względem żywieniowym niż w przypadku innych zbóż, głównie ze względu na większą zawartość ważniejszych aminokwasów egzogennych (lizyna, treonina, metionina). W owsie występuje średnio wyższa, niż w innych zbożach, zawartość lizyny (4,2%), treoniny (3,3%) oraz fenyloalaniny i tyrozyny (w sumie ponad 8,8%). Według Kączkowskiego [za Gąsiorowskim, 14] wyższa jest też zawartość tryptofanu – 1,3%, a także metioniny – ponad 3% w wybranych odmianach. Obserwowano też wysoką zawartość aminokwasów o łańcuchach rozgałęzionych (leucyna + izoleucyna – 16,6%) [14].

Podobnie do innych zbóż prolaminy zawierają około 43% sumy glutelina/gliadyna + prolamina oraz niższą od pozostałych frakcji zawartość głównych aminokwasów egzogennych, ale poziom lizyny jest w niej wyższy niż u prolamin innych zbóż. Natomiast poziom aminokwasów o łańcuchach rozgałęzionych jest w prolaminie owsa szczególnie wysoki (ok. 18%), a aminokwasów aromatycznych nie odbiega od poziomu w całym ziarnie. Zawartość metioniny – ponad 3%, jest w tej frakcji najwyższa w porównaniu z pozostałymi. Niewątpliwie najbardziej korzystnym składem aminokwasowym z żywieniowego punktu widzenia charakteryzują się albuminy i globuliny, a ponieważ stanowią one wspólnie około 70% białka ogółem, to właśnie ich poziom wywiera wpływ na dużą wartość żywieniową owsa i produktów jego przerobu [15].

### *Tłuszcz*

Pod względem zawartości tłuszczu owies zdecydowanie przewyższa inne zboża (tab.1), kształtując się na poziomie od 4 do 10% (w odmianach krajowych). Lipidy owsa występują w postaci tłuszczu związanego (polarnego) – fosfolipidy i glikolipidy oraz tłuszczu wolnego (niepolarnego) – triacyloglicerole, monoacyloglicerole, wolne kwasy tłuszczowe, estry steroli, sterole. Tłuszcz owsiany bogaty jest w nienasycone kwasy tłuszczowe, stanowiące około 80% wszystkich kwasów. Są to głównie kwasy: oleinowy (29–53%), linolowy (24–48%),  $\alpha$ -linolenowy (1–5%) oraz kwasy o dłuższych łańcuchach: arachidonowy, eikozapentaenowy, dokozaheksaenowy [34]. Obecność NNKT w przeliczeniu na tłuszcz surowy wynosi około 40%, co w płatkach owsianych stanowi 2,5–3,0%. Spożycie 100 g płatków pozwala na pokrycie około 30% dziennego zapotrzebowania człowieka na kwas linolowy [15]. NNKT są konieczne do prawidłowego rozwoju młodych organizmów oraz utrzymania dobrego stanu zdrowia. Oprócz roli strukturalnej NNKT pełnią ważną rolę w wielu przemianach biochemicznych organizmu oraz biorą udział w regulacji czynności fizjologicznych (np. poprzez syntezę prostaglandyn i związków biologicznie czynnych [4, 15]). Kwasy te mają również zdolność do hamowania procesu agregacji płytek krwi, zapobiegając powstawaniu zakrzepów. Olej owsiany jest bardzo dobrze przyjmowany i całkowicie wykorzystywany przez organizm człowieka. Uważa się [4, 15], że zdolność do

obniżania cholesterolu przy stosowaniu diety owsianej jest wywołana współdziałaniem kilku składników znajdujących się w owsie: kwasu linolowego, fitosteroli, polifenoli, oraz błonnika pokarmowego.

#### *Przeciwutleniacze*

W tłuszczach owsa stwierdzono obecność związków, które wykazują silne właściwości przeciwutleniające. Należą do nich związki polifenolowe, wśród których można wydzielić kwasy hydroksybenzoesowe, hydroksycynamonowe – ferulowy i kawowy. Aktywność tych czynników jest zbliżona do takich syntetycznych przeciwutleniaczy, jak butylohydroksytoluen czy galusan propylu [36]. Redukują one nadtlenki, wodorotlenki oraz unieczynniają wolne rodniki, przerywając fazę propagacji w reakcji łańcuchowej. Odnaczają się również działaniem bakteriostatycznym i farmakologicznym, poprawiając pracę serca i wywierając pozytywny wpływ na krwioobieg oraz zapobiegając chronicznym zapaleniom [10], a także chorobom nowotworowym [27]. Negatywną stroną ich obecności jest obniżenie przyswajalności białek [36]. Do związków o właściwościach przeciwutleniających w ziarnie owsa, poza witaminą E, zalicza się również związki polifenolowe: kwasy fenolowe, ich estry i amidy, alkilofenole, flawonoidy i awentramidyny [33]. Działanie przeciwutleniające polifenoli polega na ich zdolności łączenia się z metalami, a zwłaszcza z żelazem i miedzią, uniemożliwiając w ten sposób ich udział w enzymatycznych procesach utleniania. Mogą też oddawać elektron wolnym rodnikom, co je unieczynnia [21]. Aktywność przeciwutleniająca kwasów fenolowych zależy od ich budowy chemicznej, szczególnie od obecności grup metyloksylowych czy hydroksylowych w cząsteczkach kwasów [5]. Awentramidyny dzięki temu, że są termostabilne, nie obniżają swoich zdolności, mimo przeprowadzanych zabiegów technologicznych [8].

#### *Sole mineralne*

Produkty zbożowe odgrywają niezastąpioną rolę jako źródło soli mineralnych. Zawartość popiołu w całym ziarnie owsa waha się w granicach 2,7–3,7% [14]. Ziarno obłuszczone jest o około 50% uboższe w popiół od całego ziarna (tab. 1). Najwięcej związków mineralnych jest obecnych w zarodku i warstwie peryferyjnej ziarna. Obecność w ziarnie owsa substancji mineralnych jest dodatnio skorelowana z zawartością rozpuszczalnych w wodzie składników włókna pokarmowego [11]. Na uwagę zasługują związki wapnia, magnezu, fosforu, żelaza oraz duże ilości rozpuszczalnego w wodzie krzemu 91,7–2,8% [39]. W owsie występują również duże ilości cennego dla zdrowia cynku. Zawiera go całe ziarno owsa, płatki owsiane, młody zielony owies, a szczególnie plewy i otręby. Na uwagę zasługuje również bardzo niska zawartość sodu, co powinno być cenną informacją dla osób z niewydolnością układu krążenia [29].

### *Witaminy*

Mimo wielu witamin występujących w owsie, zboże to uznaje się za dobre źródło tylko tiaminy, kwasu pantotenowego i witaminy E [17]. Spożycie 100 g płatków owsianych pokrywa około 40% dziennego zapotrzebowania człowieka na tiaminę oraz ok. 20% dziennego zapotrzebowania na witaminę E [14, 17, 18]. Mechanizm działania  $\alpha$ -tokotrienolu – pochodnej witaminy E – polega na hamowaniu syntezy cholesterolu w wątrobie, a tym samym na obniżaniu poziomu cholesterolu całkowitego i frakcji LDL we krwi. Tokotrienolom przypisuje się wpływ obniżający poziom cukru we krwi [14]. W badaniach epidemiologicznych polegających na suplementowaniu diety witaminą E stwierdzono zmniejszenie ryzyka zachorowania na raka jamy ustnej i gardła, żołądka, sutka oraz prostaty (o 43%). Zaobserwowano również odwrotnie proporcjonalną zależność między występowaniem schorzeń naczyniowych (miażdżycy) a stężeniem witaminy E w osoczu [32].

### *Fityniany*

W ziarnie owsa znajduje się od 0,76 do 1,1% kwasu fitynowego, co jest wartością średnią w porównaniu z ziarnem innych zbóż [14]. Kwas fitynowy i jego pochodne przez długi okres, ze względu na trwałe zdolności wiązania fosforu, wapnia, żelaza, magnezu, manganu, cynku i miedzi z przewodu pokarmowego, uważano jedynie za czynniki antyodżywcze. Jednakże z uwagi na wiązanie jonów metali przejściowych (żelaza i miedzi) kwas fitynowy można również rozpatrywać jako związek, który wywiera działanie przeciwutleniające, ochraniając komórki błony śluzowej jelita przed działaniem wolnych rodników [2]. Jako źródło mezoinozytolu, związku zaliczanego do grupy witamin o nieznannej bliżej funkcji koenzymatycznej, przypisuje mu się właściwości czynnika wzrostowego, przeciwrakowego, przeciwcukrzycowego i przeciwmiażdżycowego. Zdolność kwasu fitynowego do tworzenia kompleksów z białkami może również wpływać na strawność białka [14].

### **Podsumowanie**

Właściwości zdrowotne składników owsa skłaniają do częstszego sięgania po produkty spożywcze, w których dominującymi składnikami są ziarna tego zboża lub jego przetwory, zwłaszcza, że regularne spożywanie posiłków zawierających przetworzone ziarno owsa przyczynia się do:

- obniżenia nadmiernego poziomu cholesterolu we krwi,
- poprawy perystaltyki jelit,
- korzystnego oddziaływania przy leczeniu cukrzycy,
- wzmocnienia odporności immunologicznej,
- usuwania wolnych rodników,
- zmniejszania ryzyka zapadalności na raka jelita grubego,
- działania pobudzającego procesy przemiany materii,

- korzystnego oddziaływania na uchyłki jelitowe i żylaki odbytu,
- niwelowanie niedoboru białka,
- zwiększania sprawności fizycznej i umysłowej,
- korzystnego oddziaływania psychotropowego na ustrój,
- korzystnego prozdrowotnego oddziaływaniu na uzębienie i skórę.

Występujący na krajowym rynku spożywczym asortyment produktów owsianych charakteryzuje się niską atrakcyjnością konsumpcyjną. Są to z reguły płatki owsiane (zwykłe, górskie, błyskawiczne) a także pęczak owsiany, kasze owsiane, otręby oraz mąka owsiana. Znacznie częściej można spotkać produkty spożywcze z różnoprocentowym udziałem przetworów owsianych, do których należą: pieczywo specjalne, pieczywo cukiernicze czy mieszanki zbożowo-owocowe typu musli, ziarno ekspandowane, płatki ekstrudowane, ziarna szarpane [29].

### Literatura

- [1] Bartnikowska E., Rakowska M.: Wpływ włókna z owsa i jęczmienia na metabolizm lipidów u zwierząt i ludzi. *Biul. Inst. Hod. i Aklim. Roślin*, 1994, **190**, 67-76.
- [2] Bartnikowska E.: Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka. Cz.1. *Przem. Spoż.*, 1997, **5**, 43-44, 48.
- [3] Bartnikowska E., Lange E.: Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych, ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żywność. Nauka Technologia Jakość*, 2000, **1** (22), 18-35.
- [4] Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M.: Ziarno owsa – niedocenione źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. *Biul. Inst. Hod. i Aklim. Roślin*, 2000, **215**, 209-221.
- [5] Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M.: Ziarno owsa – niedocenione źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biul. Inst. Hod. i Aklim. Roślin*, 2000, **215**, 223-237.
- [6] Brennan Ch., Cleary L.: The potential use of cereal (1-3, 1-4)  $\beta$ -D-glucans as functional food ingredients. *J. Cereal Sci.*, 2005, **42**, 1-13.
- [7] Carper J.: *Apteka żywności*. Hannah Publishing Ltd, Warszawa 1998.
- [8] Dimberg L., Theander O., Lingnert H.: Awenanthramides – a group of phenolic antioxidants in oats. *Cereal Chem.* 1993, **70**, 337-341.
- [9] Dawkins N., Nnanna I.: Oat gum and  $\beta$ -glucan extraction from oat bran and rolled oats: temperature and pH effects. *J. Food Sci.*, 1993, **58**, 562-569.
- [10] Finley J.W.: Phenolic antioxidants and prevention of chronic inflammation. *Food Technol.*, 2004, **58**, **11**, 42-46.
- [11] Frölich W., Nyman M.: Minerals, phytate and dietary fiber in different fractions of oat grain. *J. Cereal Sci.*, 1988, **7**, 73-82.
- [12] Ganssmann W.:  $\beta$ -glucan im Hafer und seine physiologische Wirkung. *Getreide, Mehl und Brot*, 1993, **47**, 345-351.
- [13] Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.): *Żywienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa 2000.
- [14] Gąsiorowski H.: *Owies – chemia i technologia*. PWRiL. Poznań 1995.
- [15] Gąsiorowski H.: Wartość fizjologiczno-żywnościowa owsa. *Przeegl. Zboż. Młyn.* 2003, **3**, 26-28.



- [16] Gąsiorowski H., Kowalewski W.: Owies – roślina XXI wieku. Wykorzystanie dla celów konsumpcyjnych i przemysłowych. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 1993, **3**, 14-16.
- [17] Gąsiorowski H.: Współczesny pogląd na walory fizjologiczno-żywnościowe owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1 (18) Supl.**, 193-195.
- [18] Griffith H.W.: Witaminy minerały i pierwiastki śladowe. Agencja ELIPSA. Warszawa 1994.
- [19] GUS – Rocznik statystyczny 2003.
- [20] Gustaw W., Achremowicz B., Glibowski P., Mleko S.: Otrzymywanie i właściwości reologiczne gumy owsianej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **4 (29)**, 46-55.
- [21] Hanczakowski P.: Fenole – substancje antyodżywcze czy prozdrowotne? *Biul. Inf. Inst. Zoot.*, 2002, **4**, 33-39.
- [22] Hasik J., Dobrzańska A., Bartnikowska E.: Rola włókna roślinnego w żywieniu człowieka. Wyd. SGGW. Warszawa 1997.
- [23] Inglett G.E., Newman R.K.: Oat  $\beta$ -glucan-amyloextrins: Preliminary-preparations and biological properties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1994, **45**, 53-61.
- [24] Inglett G. E., Warner K., Newman R. K.: Soluble-fiber ingredient from oats: uses in foods and some health benefits. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1996, **1 (7)**, 175-182.
- [25] Jasińska Z., Kotecki A. (red.): Szczegółowa uprawa roślin. T. I. Wrocław 1999.
- [26] Kiryluk J., Gąsiorowski H., Kowalewski W.: Otręby owsiane – produkt, który zdobywa świat. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2004, **6**, 12-14.
- [27] Kumpulainen J.T., Salonen J.K. (ed.): Natural antioxidants and food quality in atherosclerosis and cancer prevention. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 1996.
- [28] Maciejewicz-Ryś J., Sokół K.: Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1 (18)**, 273-277.
- [29] Makowska A.: Zbożowe produkty śniadaniowe. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2002, **9**, 23-25.
- [30] Michniewicz J.: Pentozany w technologii zbóż. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozprawy naukowe*, 1995, **261**, 70-77.
- [31] Mielcarz M.: Żywnościowe i technologiczne aspekty zastosowania błonników pokarmowych do produkcji wyrobów piekarskich i ciastkarskich. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2004, **8**, 7-9.
- [32] Obidowska G.: Substancje pochodzenia roślinnego w profilaktyce nowotworów. *Przegl. Piek. Cuk.*, 1998, **7**, 2-4.
- [33] Peterson D. M.: Oats antioxidants. *J. Cereal Sci.*, 2001, **2**, 115-129.
- [34] Pisulewska E., Witkiewicz R., Borowiec F.: Wpływ sposobu uprawy na plon oraz zawartość i skład kwasów tłuszczowych ziarna owsa nagoziarnistego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1 (18)**, 240-245.
- [35] Pisulewski P., Gibiński M., Achremowicz B.: Współczesne metody oceny białek roślinnych na przykładzie ziarna owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1 (18)**, 196-203.
- [36] Rosicka-Kaczmarek J.: Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2004, **6**, 12-16.
- [37] Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B.: Beta-1,3/1,6-D-glukan - nowy suplement wzmacniający układ immunologiczny. *Przem. Spoż.*, 2002, **4**, 20-21.
- [38] Tomomatsu H.: Health effects of oligosaccharides. *Food Technol.*, 1994, **10**, 61-65.
- [39] Webster F.H. Oats: chemistry and technology. AACC, St. Pouly 1997.

## HEALTH PROMOTING PROPERTIES OF OAT AND OAT PRODUCTS

### S u m m a r y

Oat and oat products are an important source of many valuable components having both the nutritional and the biological importance, i.e., first of all, proteins, fats, fibre, carbohydrates, mineral compounds, and vitamins. Dietary fibre, its content in oat being about 14% in total, is worthy of note. It consists of two fractions: insoluble – exceeding 6%, and soluble - being almost 8%. Among all the cereal kinds, such a high level of the soluble fraction is typical for oat only; additionally, the key component of this fraction are  $\beta$ -glucans. A general opinion is that soluble forms of non-starch polysaccharides (NSP) are a particularly valuable ingredient of human diet.

Physicians and nutritionists believe that oat products may be a beneficial diet supplement to be highly recommended for people suffering from such diseases as: hypo-cholesterolemia, overweight, gastrointestinal track disorders, a reduced psychophysical efficiency, hypo-proteinaemia atherosclerosis, and hypertension.

**Key words:** exogenous amino-acids,  $\beta$ -glucans, antioxidants, fibre ☒

HALINA GAMBUŚ

**NASIONA LNU OLEISTEGO (*LINUM USITATISSIMUM* L) JAKO  
ŹRÓDŁO SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH W CHLEBIE  
BEZGLUTENOWYM**

Streszczenie

Ze względu na unikatowy skład chemiczny nasion lnu oleistego oraz brak w nich białek glutenowych, użyto je w formie zmielonej do wypieku chlebów bezglutenowych, zastępując nimi skrobię w ilości 7,5, 10 i 12,5% jej masy. Udział nasion lnu spowodował istotny wzrost objętości uzyskanych chlebów, nie pogarszając wydajności i cech sensorycznych oraz ograniczył twardnienie ich miększu podczas przechowywania. Istotnie zwiększyła się w tych chlebach zawartość składników żywieniowych i dietetycznych, tj. białka ogółem, tłuszczu surowego, włókna pokarmowego (zwłaszcza frakcji rozpuszczalnej) i wielu oznaczonych makro- i mikroelementów, oraz kilkakrotnie wzrosła zawartość kwasu  $\alpha$ -linolenowego.

**Słowa kluczowe:** chleb bezglutenowy, kwas  $\alpha$ -linolenowy, len oleisty

**Wprowadzenie**

Celiakia (nietolerancja glutenu) należy do nielicznych chorób, obok fenyloketonurii i cukrzycy, w których zachodzi ścisła zależność pomiędzy spożywanymi produktami i poważnymi zaburzeniami ogólnoustrojowymi [28]. Dieta bezglutenowa jest jedynym skutecznym sposobem leczenia celiakii, a skuteczność tej diety zależy od ścisłego, rygorystycznego jej przestrzegania, często przez całe życie [3]. Z pożywienia należy wyeliminować wszelkie przetwory z surowców zawierających gluten, a więc z pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa, a zastąpić je bezglutenowymi: kukurydzą, ryżem, prosem, a w miejsce mąki pszennej czy żytniej stosować różne skrobię (pszenną, ryżową, kukurydzianą i ziemniaczaną) lub odpowiednio sporządzone mieszanki tych skrobi [12, 28]. Ma to swoje określone konsekwencje technologiczne: bardzo trudne, a często wręcz niemożliwe jest uformowanie ciasta z surowców niezawierających glutenu. Stąd też, oprócz urozmaicenia diety, jest to jeden z najważniejszych problemów przy opracowywaniu receptur i technologii wyrobów bezglutenowych [29].

Wyroby bezglutenowe odznaczają się znacznie mniejszą wartością żywnościową, w porównaniu z tradycyjnymi produktami zbożowymi. Dotyczy to zwłaszcza zawartości włókna pokarmowego, składników mineralnych i białka [4, 16, 24]. Około 45% dziennego zapotrzebowania na białko w diecie zdrowych ludzi pokrywają produkty zbożowe (w tym 16-23% przypada na pieczywo) całkowicie wyeliminowane z diety bezglutenowej. Duża część produktów bezglutenowych to jednocześnie produkty bezbiałkowe, dlatego w literaturze fachowej udokumentowano wpływ celiakii na zahamowanie wzrostu i masy ciała w dzieciństwie [14, 26, 28]. Wykazano również ryzyko wystąpienia poważnych niedoborów wielu składników mineralnych i witamin oraz przewlekłe obstrukcje u osób chorych na celiakię [3, 14, 24].

Możliwość modyfikacji i wzbogacania pieczywa w składniki odżywcze pozwala na bilansowanie profilu odżywczego tego produktu i wyrównywanie strat składników pokarmowych powodowanych przetwarzaniem – zwłaszcza w pieczywie bezglutenowym. Do surowców pochodzenia roślinnego wzbogacających pieczywo bezglutenowe należą: zboża alternatywne (szarłat i komosa ryżowa), nasiona roślin oleistych i strączkowych oraz ich przetwory, zioła a także koncentraty i izolaty białkowe z nasion roślin strączkowych [8, 14, 24, 28].

Ze względu na unikatowy skład chemiczny nasion lnu oleistego (ponad 20% białka, ponad 30% włókna pokarmowego w większości rozpuszczalnego w wodzie, ponad 40% tłuszczu, w którym przeważają niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – NNKT, a zwłaszcza deficytowy w diecie kwas  $\alpha$ -linolenowy – C18:3, n-3) [8, 9, 19] oraz fakt, że substancje białkowe siemienia lnianego nie zawierają białek glutenowych, celem podjętych badań była próba użycia zmielonych nasion lnu oleistego dwóch odmian: brązowonasiennej polskiej odmiany Opal i żółtonasiennej węgierskiej odmiany Hungarian Gold (zaaklimatyzowanej już w polskich warunkach) [10], do wypieku chlebów bezglutenowych, ustalenie optymalnego udziału tych nasion, zbadanie jakości konsumenckiej, procesu starzenia się oraz składu chemicznego takich chlebów.

### **Materiał i metody badań**

Materiałem badawczym były chleby bezglutenowe wypieczone według receptury opracowanej w badaniach wcześniejszych w Katedrze Technologii Węglowodanów AR w Krakowie [11], w których skrobię kukurydzianą i ziemniaczaną zastępowano zmielonymi nasionami lnu obu wyżej wymienionych odmian, w ilości 7,5, 10 i 12,5% masy skrobi.

Chleby wypiekano metodą bezpośrednią, objętość chlebów mierzono w materiale sypkim, a ocenę sensoryczną (metodą punktową) wykonano wg PN-A-74108:1996 [23]. Po 1,5-godzinnym chłodzeniu chleby ważono i wyliczano stratę wypiekową całkowitą oraz wydajność pieczywa [2]. Badając proces starzenia się uzyskanych chlebów przechowywano je w woreczkach foliowych, stosowanych w piekarstwie do pakowania pieczywa, w stałych warunkach przez 72 h i w kolejnych dniach oznaczano wilgotność miękkiszu metodą suszarkową [23] oraz profil jego tekstury analizatorem

tekstury typu TA XT2 z oprogramowaniem XTR<sub>1</sub>, mierząc następujące parametry: twardość, odbojność, spójność, żujność i sprężystość.

Wartość żywieniową i dietetyczną badanych chlebów oceniano przez oznaczenie w ich powietrznie suchej masie zawartości:

- białka ogółem, tłuszczu surowego, popiołu całkowitego, włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej), metodami AOAC [1],
- wybranych makro- i mikroelementów, takich jak: P, K, Ca, Mg, Cu, Zn i Mn, spektrofotometrem absorpcji atomowej PU 9100X firmy Philips, z korekcją tła prowadzoną przy użyciu lampy deuterowej (D<sub>2</sub>),
- zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w ich sumie, czyli profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu zawartym w chlebach, chromatografem gazowym Agilent 3400 CX, z detektorem FID. Gazem nośnym był hel. Stosowano kolumnę BPX-700, utrzymując jej temp. w zakresie 140–210°C.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji przy użyciu programu statystycznego STAT Skierniewice. Istotność różnic weryfikowano testem Duncana.

## Wyniki i dyskusja

Wszystkie zastosowane dodatki zmielonych nasion lnu oleistego spowodowały istotne zwiększenie objętości chlebów bezglutenowych, w porównaniu z chlebem standardowym. Największy wzrost objętości (o 16%) zaobserwowano przy 12,5-procentowym dodatku nasion lnu żółtego (tab. 1).

Żaden z dodatków nasion lnu nie wywarł istotnego wpływu, zarówno na wydajność, jak i stratę wypiekową. Żaden z dodatków nie pogorszył również jakości sensorycznej, gdyż podobnie do chleba standardowego, chleby z udziałem nasion lnu zostały zakwalifikowane do pierwszej klasy jakości (tab. 1).

Analizując zmiany wilgotności miękiszu badanych chlebów można stwierdzić, że ubytek wody z miękiszu, począwszy od dnia wypieku poprzez kolejne trzy dni przechowywania był niewielki (0,2–,7% – tab. 2 i 3).

W badaniach profilu tekstury miękiszu chlebów bezglutenowych podczas przechowywania zaobserwowano istotne oddziaływanie zmielonych nasion lnu na zmniejszenie twardości miękiszu, a najkorzystniejszy pod tym względem okazał się 12,5-procentowy udział żółtych zmielonych nasion lnu oleistego odmiany Hungarian Gold (tab. 2, rys. 1). Prawdopodobnie obecność tłuszczu zawartego w nasionach lnu oleistego wpłynęła na zahamowanie procesu twardnienia.

Tabela 1

Ocena jakości chlebów bezglutenowych z dodatkiem zmielonych nasion lnu oleistego.  
Quality of gluten-free bread supplemented with linseed meal.

Rodzaj chleba Kind of bread	Masa chleba zimnego Weight of cold bread [g]	Objętość chleba Bread volume [cm <sup>3</sup> ]	Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100 g flour [cm <sup>3</sup> ]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%]	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%]	Ocena sensoryczna Sensory evaluation	
							Suma punktów Scores	Klasa jakości Grade
Standard	213 a	588 a	463 a	167 a	14,8 a	52,8 a	40	I
Standard + 7,5% len żółty + 7,5 % yellow linseed	210 a	645 b	508 b	166 a	16,0 a	53,0 b	40	I
Standard + 10% len żółty + 10 % yellow linseed	211 a	643 b	507 b	167 a	15,5 a	52,9 a	40	I
Standard + 12,5% len żółty + 12,5 % yellow linseed	209 a	681 c	534 c	165 a	16,4 a	52,9 a	40	I
Standard + 7,5% len brązowy + 7,5 % brown linseed	212 a	631 b	497 b	168 a	15,0 a	53,3 b	40	I
Standard + 10% len brązowy + 10 % brown linseed	212 a	624 b	502 b	168 a	15,0 a	53,3 b	40	I
Standard +12,5% len brązowy + 12,5 % brown linseed	214 a	625 b	492 b	169 a	14,5 a	53,3 a	40	I

Wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Values marked by the same letters do not differ at significance level  $\alpha = 0.05$ .

Tabela 2

Parametry tekstury i wilgotność miękiszu chlebów bezglutenowych wyprodukowanych z udziałem żółtych nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.  
The texture and moisture crumbs parameters of gluten-free breads baked with yellow linseeds added while storing the breads.

Dzień przechowywania Subsequent day of storing	Rodzaj chleba Kind of bread	Twardość Hardness [kG]	Odbojność Springiness	Spójność Cohesiveness	Żujność Chewiness	Sprężystość Resilience	Wilgotność Moisture [%]
0	Standard	0,32 b	1 a	0,53 a	0,28 a	0,36 a	52,8 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,31 b	1a	0,67 b	0,24 a	0,45 b	53,0 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,24 a	1a	0,80 c	0,21 a	0,51 b	52,9 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,24 a	1a	0,78 c	0,20 a	0,49 b	52,9 a
1	Standard	0,64 b	0,98 a	0,33 b	0,20 c	0,13 c	52,6 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,33 a	0,97 a	0,26 a	0,08 a	0,09 a	52,6 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,37 a	0,99 a	0,25 a	0,10 b	0,09 a	52,8 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,33 a	0,97 a	0,26 a	0,09 a	0,11 b	52,7 a
2	Standard	0,75 c	0,96 a	0,32 b	0,20 b	0,12 b	52,5 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,38 b	0,94 a	0,23 a	0,08 a	0,08 a	52,5 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,39 b	0,99 a	0,24 a	0,09 a	0,08 a	52,6 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,34 a	0,93 a	0,22 a	0,07 a	0,08 a	52,6 a
3	Standard	0,79 c	0,95 a	0,28 d	0,20 b	0,11 b	52,4 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,45 a	0,92 a	0,19 a	0,08 a	0,08 a	52,3 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,48 b	0,96 a	0,23 c	0,08 a	0,08 a	52,5 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,46 a	0,91 a	0,21 b	0,07 a	0,07 a	52,5 a

Wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Values marked by the same letters do not differ at significance level  $\alpha = 0.05$ .



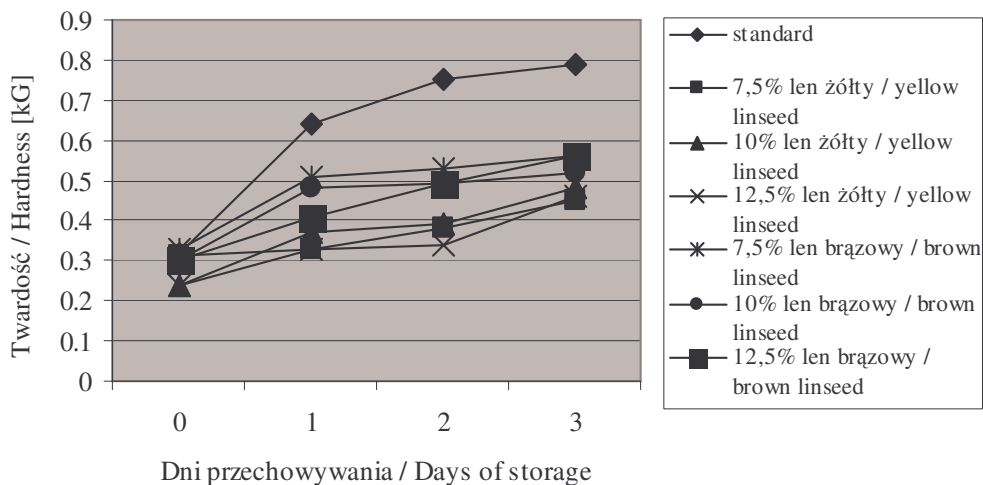
Tabela 3

Parametry tekstury i wilgotność miękiszu chlebów bezglutenowych, wyprodukowanych z udziałem brązowych nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.  
The texture and moisture crumbs parameters of gluten-free breads baked with brown linseeds added while storing the breads.

Dzień przechowywania Subsequent day of storing	Rodzaj chleba Kind of bread	Twardość Hardness [kG]	Odbojność Springiness	Spójność Cohesiveness	Żujność Chewiness	Sprężystość Resilience	Wilgotność Moisture [%]
0	Standard	0,32 ab	1 b	0,53 a	0,28 c	0,36 a	52,8 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,34 b	0,99 a	0,52 a	0,19 a	0,34 a	53,3 b
	Standard + 10% nasion / seeds	0,30 a	1b	0,62 b	0,23 b	0,47 c	53,3 b
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,30 a	1b	0,69 b	0,23 b	0,42 b	53,3 b
1	Standard	0,64 c	0,98 a	0,33 c	0,20 c	0,13 b	52,6 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,51 b	0,98 a	0,26 b	0,12 b	0,10 a	53,1 ab
	Standard + 10% nasion / seeds	0,48 ab	0,98 a	0,26 b	0,12 b	0,10 a	53,2 b
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,41 a	0,98 a	0,22 a	0,11 a	0,08 a	53,2 b
2	Standard	0,75 c	0,96 a	0,32 c	0,20 c	0,12 b	52,5 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,53 b	0,96 a	0,24 b	0,11 b	0,08 a	53,0 b
	Standard + 10% nasion / seeds	0,49 a	0,98 a	0,23 b	0,11 b	0,09 a	53,2 b
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,49 a	0,97 a	0,21 a	0,10 a	0,07 a	53,0 b
3	Standard	0,79 b	0,95 a	0,28 c	0,20 c	0,11 b	52,4 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,56 a	0,95 a	0,21 a	0,11 b	0,08 a	52,9 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,52 a	0,96 a	0,23 b	0,10 b	0,09 a	52,6 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,56 a	0,95 a	0,21 a	0,08 a	0,07 a	52,9 a

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

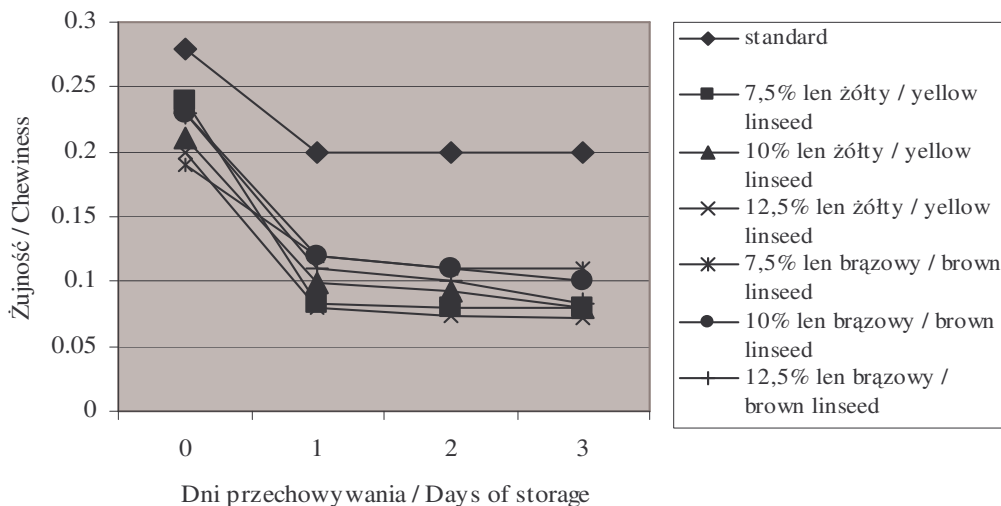
Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of  $\alpha = 0.05$ .



Rys. 1. Zmiany twardości miększa chleba bezglutenowego z udziałem nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.

Fig. 1. Changes in the crumb hardness of gluten-free breads with linseeds occurring when storing the breads.

W chlebach bezglutenowych w istotny sposób zmniejszyła się też żujność miększa, począwszy od dnia wypieku i przez cały okres przechowywania, niezależnie od zastosowanej formy lnu oleistego (tab. 2 i 3, rys. 2). Tę korzystną zmianę również należy przypisać obecności w chlebach tłuszczu pochodzącego ze zmielonych nasion lnu oleistego.



Rys. 2. Zmiany żujności miększa chleba bezglutenowego z udziałem nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.

Fig. 2. Changes in chewiness of crumbs of gluten-free breads with linseeds while storing the breads.

Świeże chleby bezglutenowe z dodatkami zmielonych nasion lnu charakteryzowały się większą spójnością w odniesieniu do chleba standardowego (z wyjątkiem 7,5-procentowego dodatku nasion lnu brązowego). W kolejnych dniach przechowywania wartości tego parametru tekstury istotnie ulegały jednak znacznemu obniżeniu w porównaniu ze standardem (tab. 2 i 3).

Odbojnością miększu chleby ze zróżnicowanym udziałem nasion obu form lnu oleistego nie odbiegały od chleba standardowego, natomiast w dniu wypieku, dodatek nasion lnu korzystnie wpłynął na sprężystość miększu (tab. 2 i 3), po czym już po pierwszej dobie przechowywania cecha ta uległa pogorszeniu, w porównaniu ze standardem.

Oceniając wartość żywieniową chlebów bezglutenowych zaobserwowano sukcesywny i istotny wzrost zawartości składników pokarmowych w miarę zwiększania się w chlebach udziału nasion lnu. Najcenniejszy wydaje się wzrost zawartości białka i włókna pokarmowego, gdyż chleby bezglutenowe uznaje się za bardzo deficytowe w odniesieniu do obu tych składników [13], co wywiera niekorzystny wpływ na rozwój, wzrost i funkcjonowanie osób chorych na celiakię, zwłaszcza dzieci [14, 16]. Przy 12,5-procentowym dodatku żółtych nasion lnu zawartość białka zwiększyła się o 77% oraz związków mineralnych oznaczonych w postaci popiołu o 19,5%, w porównaniu z pierwotną zawartością w chlebie standardowym (tab. 4). Białko zawarte w nasionach lnu, którymi został wzbogacony chleb bezglutenowy, jest stosunkowo łatwo przyswajalne, o strawności od 85 do 90% i uznawane za jedno z bardziej odżywczych wśród białek roślinnych [20, 30].

Białko lniane może wpływać na poziom glukozy we krwi, ze względu na jego interakcje z gumami, a także przez stymulowanie wydzielania insuliny, co powoduje obniżenie wskaźnika glikemicznego [19, 21].

Białka o dużej ilości aminokwasów rozgałęzionych (BCAA: walina, leucyna, izoleucyna), niewielkiej ilości aminokwasów aromatycznych (AAA: fenyloalanina i tyrozyna) i wysokim współczynnikiem Fischera (BCAA/AAA) są poszukiwane przez producentów funkcjonalnej żywności na specjalne potrzeby, np. dla niedożywionych pacjentów chorych na raka oraz w celu wspomagania żywieniowego dzieci z chroniczną lub ostrą chorobą trzewną lub alergią na białka mleka [21, 31].

Białka lniane oraz ich poszczególne frakcje zawierają dużo BCAA (25 g/100 g białka) oraz mają wysoki współczynnik Fischera (2,0), porównywalny z soją (2,1) [6]. Białko lniane jest też znakomitym źródłem argininy, glutaminy i histydyny (34,8 g/100 g białka, przy 32,1 g w białku soi), trzech aminokwasów znanych z silnego wpływu na funkcje immunologiczne organizmu [7, 17, 18].

W przypadku zawartości włókna pokarmowego oznaczono około 6-krotny wzrost zawartości rozpuszczalnej frakcji tego składnika w chlebie z 12,5-procentowym udziałem nasion lnu, w porównaniu z chlebem standardowym (tab. 4). Tak znaczny wzrost zawartości włókna pokarmowego w badanych chlebach zmniejsza ryzyko

zachorowania na choroby cywilizacyjne, tj. nowotwory jelita grubego i miażdżycy naczyń krwionośnych [13]. Wprawdzie zwiększenie zawartości włókna pokarmowego zmniejsza strawność składników pokarmowych i przez to obniża ich wartość odżywczą, ale walory dietetyczne i zdrowotne tego składnika są bezsporne [13, 25].

Tabela 4

Zawartość włókna pokarmowego, białka i popiołu w powietrznie suchej masie chlebów bezglutenowych, wyprodukowanych z udziałem żółtych i brązowych nasion lnu oleistego.  
The content of dietary fibre, protein, and ash in air dry matter of gluten-free breads baked with yellow and brown linseeds added.

Rodzaj chleba Kind of bread	Włókno pokarmowe / Dietary fibre		Białko ogółem Total protein (N*5,7)	Popiół całkowity Total ash
	Nierozpuszczalne Insoluble	Rozpuszczalne Soluble		
Standard	0,40 a	0,44 a	2,44 a	1,90 a
Standard + 7,5% lnu żółtego / yellow linseed	0,41 a	2,43 b	3,59 b	2,07b
Standard + 10% lnu żółtego / yellow linseed	0,59 b	2,59 b	3,91 c	2,13 c
Standard +12,5% lnu żółtego / yellow linseed	0,71 c	3,06 c	4,32 d	2,27 d
Standard + 7,5% lnu brązowego / brown linseed	0,58 a	1,67 b	3,52 b	2,04 b
Standard + 10% lnu brązowego / brown linseed	0,90 b	1,95 b	3,87 c	2,11 c
Standard + 12,5% lnu brązowego / brown linseed	1,20 c	2,24 c	4,28 d	2,12 c

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of  $\alpha = 0.05$ .

Przy 12,5-procentowym zastąpieniu skrobi żółtymi zmielonymi nasionami lnu odmiany Hungarian Gold oznaczono także znaczący wzrost ocenianych makro- i mikroelementów, a mianowicie: Zn o 38%, K o 74%, Ca o 76%, P o 86%, Cu o 127%, Mg o 286%, i Mn o 350%, ich pierwotnej zawartości w chlebie standardowym (tab. 5). Podobny, choć nieco mniejszy wzrost wszystkich ocenianych pierwiastków oznaczono także w przypadku zastosowania brązowych nasion lnu. Otrzymane wyniki wydają się być dużym osiągnięciem przeprowadzonych badań, mając na uwadze niedobór składników mineralnych u osób chorych na celiakię. Godny podkreślenia jest zwłaszcza około 4-krotny wzrost zawartości Mg. Pierwiastek ten, podobnie jak K, jest najważniejszym kationem wewnątrzkomórkowym, aktywującym około 300 enzymów [27].

Tabela 5

Zawartość składników mineralnych w badanych chlebach bezglutenowych [mg/kg s.m.].  
The content of mineral components in gluten-free breads under investigation [mg/kg D.M.].

Rodzaj chleba Kind of bread	Mg	K	Ca	Zn	Cu	Mn	P
Standard	127 a	1082 a	80 a	10 a	0,7 a	1 a	777 a
Standard + 7,5% lnu żółtego / yellow linseed	360 b	1600 b	127 b	11 ab	1,2 b	2,5 b	1166 b
Standard + 10% lnu żółtego / yellow linseed	427 c	1721 c	130 b	12 ab	1,5 c	3,0 c	1246 c
Standard + 12,5% lnu żółtego / yellow linseed	492 d	1882 d	148 b	13 b	1,6 c	3,6 d	1445 d
Standard + 7,5% lnu brązowego / brown linseed	320 b	1635 b	126 b	13 ab	1,2 b	2,3 b	1152 b
Standard + 10% lnu brązowego / brown linseed	371 c	1767 c	121 b	14 ab	1,4 b	2,8 c	1285 c
Standard + 12,5% lnu brązowego / brown linseed	421 d	1921 d	131 b	15 b	1,6 b	3,3 d	1434 d

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of  $\alpha = 0.05$ .

Wzbogacanie żywności w magnez w przypadku ludzi zdrowych nie jest na ogół stosowane na świecie. Mimo wielu badań epidemiologicznych nie ma jednoznacznego poglądu wśród lekarzy i żywieniowców, czy spożycie tego pierwiastka w skali populacyjnej jest zbyt niskie. Objawy kliniczne niedoboru magnezu mogą występować jedynie w przypadku nadużywania alkoholu, czy też zaburzeń wchłaniania jelitowego, niedożywienia białkowego czy też przewlekłych biegunek, a więc u ludzi (zwłaszcza dzieci) chorych na celiakię [27]. O ile w przypadku ludzi zdrowych najlepszym sposobem zapewnienia odpowiedniej podaży magnezu jest uwzględnienie w racji pokarmowej produktów zbożowych, z natury bogatych w ten pierwiastek, jak np. ciemne pieczywo czy gruboziarniste kasze [27], to w przypadku osób chorych na celiakię jest to niemożliwe. Dlatego udostępnienie tego pierwiastka w chlebach bezglutenowych w postaci dodatku zmielonych nasion lnu jest godne polecenia.

Warto także zwrócić uwagę na wzrost zawartości Zn, zwłaszcza, że produkty zbożowe i warzywa zawierają ten pierwiastek w formie mniej dostępnej dla człowieka. Cynk wchodzi w skład ponad 80 enzymów i jego nawet niewielki niedobór powoduje

m.in. opóźniony rozwój dzieci, uszkodzenia skóry, trądzik młodzieńczy czy osłabienie zmysłu smaku. Dlatego na Węgrzech wzbogacanie pieczywa w cynk polega na dodaniu do mąki 1% nieaktywnych, specjalnych drożdży piekarskich, o podwyższonej zawartości składników mineralnych [22].

Wraz ze zwiększaniem udziału zmielonych nasion lnu w chlebach bezglutenowych z 7,5 do 12,5% wzrastała w nich zawartość tłuszczu surowego o 1,2 do 3,7%, w porównaniu z chlebem standardowym.

Tabela 6

Zawartość tłuszczu surowego oraz profil kwasów tłuszczowych w chlebach bezglutenowych z dodatkiem zmielonych nasion lnu oleistego.

The content of raw fat, and a profile of fatty acids in gluten-free breads with ground linseeds added.

Rodzaj chleba Kind of bread	Tłuszcz surowy Raw fat [%]	Udział w sumie kwasów tłuszczowych Per cent content in total fatty acids [%]				
		C 16	C 18	C 18:1	C 18:2	Kwas linolenowy Linolenic acid 18:3
Standard	4,34 a*	5,7	2,3	59,0	20,9	7,5
Standard + 7,5% lnu żółtego / yellow linseed	5,52 b	6,0	3,3	41,3	18,3	27,8
Standard + 10% lnu żółtego / yellow linseed	6,88 c	5,8	3,3	38,8	18,3	31,0
Standard + 12,5% lnu żółtego / yellow linseed	7,57 c	5,7	3,5	36,6	18,1	33,3
Standard + 7,5% lnu brązowego / brown linseed	6,20 b	6,3	3,5	42,1	16,8	28,0
Standard + 10% lnu brązowego / brown linseed	7,48 c	6,2	3,6	40,5	16,3	30,2
Standard + 12,5% lnu brązowego / brown linseed	8,07 d	6,2	3,6	39,5	15,8	32,2

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of  $\alpha = 0.05$ .

W profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu zawartego w chlebach z udziałem zmielonych nasion lnu przeważały niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), należące do rodziny n-6 i n-3, tzn. kwas linolowy (C 18:2, n-6) oraz kwas linolenowy (C 18:3, n-3). Największy, 12,5-procentowy dodatek nasion lnu spowodował 4-krotny wzrost zawartości kwasu  $\alpha$ -linolenowego, deficytowego w naszej diecie (tab. 6). Uzyskany efekt wydaje się być cennym osiągnięciem omawianych badań, bowiem odkrycie niezwykle korzystnego wpływu kwasów wielonienasyconych z rodziny n-3 tzw. n-3 PUFA pozwala zaliczyć produkty spożywcze zawierające te kwasy

tłuszczowe do tzw. żywności funkcjonalnej, wykazującej właściwości prozdrowotne, pomocnej w profilaktyce wielu schorzeń [15].

Kwasy tłuszczowe n-3 same lub skojarzone z innymi składnikami diety oraz lekami, mogą ułatwić prewencję, a także skuteczne leczenie schorzeń układu krążenia (miażdżycy, nadciśnienia tętniczego, zawału mięśnia sercowego) i zakrzepów naczyniowych. Są one również niezbędne do prawidłowego rozwoju dzieci [5, 15].

W podsumowaniu przeprowadzonych badań należy podkreślić, że dodatek zmielonych nasion lnu oleistego w celu poprawy wartości odżywczej pozwala uzyskać pieczywo bezglutenowe o zadowalającej jakości, które może być źródłem wielu cennych składników, deficytowych w diecie bezglutenowej osób chorych na celiakię. Nasiona lnu oleistego należy zatem uznać za wartościowy dodatek technologiczny, który pozwoli na rozszerzenie i uatrakcyjnienie asortymentu pieczywa bezglutenowego. Najlepszy efekt w badaniach tej pracy uzyskano stosując 12,5-procentowy udział żółtych nasion lnu oleistego w stosunku do masy skrobi.

### **Wnioski**

1. Dodatek zmielonych nasion obu odmian lnu do wypieku chlebów bezglutenowych w ilości 7,5%, 10%, 12,5% ogólnej masy skrobi spowodował wzrost ich objętości, nie pogarszając jakości sensorycznej.
2. Udział zmielonych nasion lnu (zwłaszcza dodatek 12,5% nasion lnu żółtego) zdecydowanie wpłynął na zahamowanie procesu twardnienia w odniesieniu do chleba standardowego.
3. Wraz ze zwiększaniem udziału zmielonych nasion lnu w chlebach bezglutenowych od 7,5-12,5% wzrastała w nich zawartość tłuszczu surowego o 1,2–3,7% w porównaniu z chlebem standardowym. Dodatek 12,5% zmielonych nasion lnu spowodował też największy, ponad 4-krotny wzrost zawartości kwasu  $\alpha$ -linolenowego.
4. Udział zmielonych nasion lnu w chlebach bezglutenowych wzbogacił je w cenne białko, włókno pokarmowe oraz makro- i mikroelementy. Zawartość tych składników zwiększała się sukcesywnie w miarę wzrostu dodatku zmielonych nasion lnu oleistego i była największa przy 12,5% dodatku żółtych nasion tego lnu.
5. Nasiona lnu oleistego należy uznać za wartościowy dodatek technologiczny, który pozwoli na rozszerzenie i uatrakcyjnienie asortymentu pieczywa bezglutenowego.
6. Do praktycznego zastosowania w przyszłej produkcji zaleca się dodatek 12,5% zmielonych nasion lnu żółtonasiennej odmiany Hungarian Gold.

### **Literatura**




- [1] AOAC Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> Edition, Arlington 1990, Virginia, USA.
- [2] Analiza zbóż i przetworów zbożowych - pod red. T. Habera i T. Jakubczyka. Wyd. SGGW-AR. Warszawa 1983.
- [3] Baldo B. A., Wrigley C. W.: Allergies to cereals. In: Pomeranz I. Advances in cereal science and technology. Vol. VI. St. Paul. Minn. AACC, 1984, pp. 331-344.
- [4] Bartnik M.: Nietolerancja glutenu. Przem. Spoż., 1999, **53** (7), 33-34.
- [5] Cunnane S. C., Liede A. C., Wolever M.S., Jenkins D. J. A., Ganguli S., Menard D., Hamadeh M. J., Chen Z. J.: High-linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum* L): some nutritional properties in humans. Br. J. Nutr., 1993, **69**, 443-453.
- [6] Czarnecki S. J., Kritchevsky D.: Dietary protein and atherosclerosis. In: Dietary Proteins: how They Alleviate Disease and promote Better Health, Ed. by Liepa G. U., Bietz D. C., Beynen A. C., Gorman M.A. American Oils Chemists Society Champaign II, 1992, pp. 42-56.
- [7] Dev D. K., Sienkiewicz T., Quensel E., Hansen R.: Isolation and partial characterization of flaxseed (*Linum usitatissimum* L) proteins. Die Nahrung, 1986, **30**, 391-393.
- [8] Flaczyk E., Kawka A.: Zastosowanie wybranych dodatków technologicznych do pieczywa. Surowce, technologia i dodatki a jakość żywności. Wyd. AR. Poznań 1999, s. 167-186.
- [9] Gambuś H., Gambuś F., Borowiec F., Zajac T.: Zdrowotne aspekty chleba z dodatkiem siemienia lnu oleistego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1999, **4** (21) Supl., 128-140.
- [10] Gambuś H., Mikulec A., Gambuś F., Pisulewski P.: Perspectives of linseed utilisation in baking. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **13/54**, 1, 21-27.
- [11] Gambuś H., Nowotna A., Berski W., Gumul D.: Badania nad poprawieniem jakości chleba bezglutenowego. Zesz. Nauk. AR, Kraków, Ser. Technologia Żywności, 2000, **12** (2), 65-76.
- [12] Gambuś H. Nowotna A., Ziobro R., Gumul D., Sikora M.: The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. EIPAU, 2001, vol. **4**, issue 2.
- [13] Hasik J., Bartnikowska E.: Włókno roślinne w żywieniu człowieka. PZWL. Warszawa 1987.
- [14] Kłys W., Kunachowicz H.: Produkty bezglutenowe i ich rola w leczeniu celiakii. Przegl. Piek. Cuk. 1996, **44** (9), 8-9 i 11.
- [15] Kolanowski W., Świdorski F.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy n-3 (n-3 PUFA). Korzystne działanie zdrowotne, zalecenia spożycia, wzbogacanie żywności. Żyw. Człow. Metab., 1997, **24** (2), 49-63.
- [16] Kunachowicz H., Nadolna J., Iwanow K., Rutkowska U.: Ocena wartości odżywczej wybranych produktów bezglutenowych. Żyw. Człow. Metab., 1996, **23**, 99-108.
- [17] Madhusudan K. T., Singh N.: Isolation and characterization of the major fraction (125) of linseed proteins. J. Agric. Food Chem., 1985, **33**, 673-677.
- [18] Madhusudan K. T., Singh N.: Isolation and characterization of a small molecular weight protein of linseed meal. Phytochemistry, 1998, **24**, 2507-2509.
- [19] Nuttal F.Q., Mooradian A.D., Ganon M.C., Billington C., Krezowski P.: Effect of protein ingestion on the glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. Diabetes Care, 1984, **7**, 456-470.
- [20] Oomah B.D.: Flaxseed as a functional food source. J. Sci. Food Agr., 2001, **81**, 889-894.
- [21] Oomah B.D. Mazza G.: Flaxseed proteins – A review. Food Chem., 1993, **48**, 109-114.
- [22] Piesiewicz H.: Konsumpcja pieczywa w Polsce na tle nowoczesnych tendencji w żywieniu. Cz. II - Znaczenie związków mineralnych. Przegl. Piek. Cuk., 1996, **44** (4), 4-7.
- [23] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [24] Ranhotra G.S., Loewe R.J., Puyat L.V.: Preparation and evaluation of soy-fortified gluten-free bread. J. Food Sci., 1995, **40**, 62-64.
- [25] Roberfroid M.: Dietary fibre, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological

- effect. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1993, **33**, 103-148.
- [26] Rujner J.: Celiakia - postacie kliniczne, rozpoznawanie i leczenie. *Klinika Pediatryczna*, 1995, **3** (1), 4-7.
- [27] Składniki mineralne w żywieniu człowieka - pod. red. A. Brzozowskiej. Wyd. AR. Poznań 1999, s. 90-100.
- [28] Thompson T.: Wheat starch, gliadyn and the gluten-free diet. *J. Am. Diet Assoc.*, 2001, **101** (12), 1456-1459.
- [29] Toufeili I., Dagher S., Shadarevian S., Noureddine A., Sarakbi M., Farran M. T.: Formulation of gluten free pocket-type flat breads: optimization of methylcellulose, gum arabic and egg albumen levels by response surface methodology. *Cereal Chem.*, 1994, **71** (6), 594-601.
- [30] Vaisey-Genser M., Morris D.H.: Flaxseed-Health, Nutrition and Functionality. Flax Council of Canada. Winnipeg 1997, Manitoba.
- [31] Weisdorf S.A.: Nutrition in liver disease in *Textbook of Gastroenterology and Nutrition in Infancy*, 2<sup>nd</sup> ed. Ed. by Lebenthal E., Raven Press. New York 1998, pp. 665-676.

#### **LINSEED (*LINUM USITATISSIMUM* L) AS A SOURCE OF NUTRIENTS IN GLUTEN-FREE BREAD**

##### **S u m m a r y**

Linseeds have a unique chemical composition and do not contain any gluten proteins, thus, ground linseeds were used to make gluten-free breads; they replaced starch, and their amounts were 7.5, 10, and 12.5% of the starch mass, respectively. The linseeds added caused a significant increase in the volume of breads baked, but they did not make the yield worse nor did they deteriorate sensory properties of the breads baked. Additionally, the linseeds reduced the bread crumb hardening process while storing breads. The amounts of nutrients and dietary components, i.e. total protein, raw fat, dietary fibre (in particular, an insoluble fraction), and many pre-determined macro- and microelements in breads with linseed were significantly increased. Moreover, the content of  $\alpha$ -linolenic acid rose by several times.

**Key words:**  $\alpha$ -linolenic acid, gluten-free bread, linseed 

AGATA MARZEC, MAŁGORZATA BOROWIEC, PIOTR P. LEWICKI

## BADANIE TEKSTURY PIECZYWA CHRUPKIEGO METODĄ EMISJI AKUSTYCZNEJ

### Streszczenie

Celem pracy było określenie zmian tekstury pieczywa chrupkiego, żytniego „Wasa” i „trzy zboża”, wywołanych zmianą aktywności wody, za pomocą analizy generowanego sygnału akustycznego. Próbki pieczywa poddawano procesowi łamania w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445 z jednoczesną rejestracją emisji akustycznej. Wyznaczono pracę łamania oraz deskryptory emisji akustycznej, takie jak widma akustyczne, liczba zdarzeń emisji akustycznej i współczynnik chrupkości pieczywa o aktywności wody od 0,038 do 0,650. Charakterystyki widmowe przedstawiono w zakresie częstotliwości od 1 kHz do 15 kHz za pomocą programu WIDMOŚREDNI. Szczegółowej analizie poddano charakterystyki spektralne badanych produktów i stwierdzono, że niezależnie od aw emitują one dźwięki w zakresie częstotliwości 2–8 kHz i 13–14 kHz. Zmiana tekstury wyraża się również stopniowym zanikiem emisji akustycznej. Obliczono współczynnik chrupkości jako iloraz liczby zdarzeń EA i pracy łamania. W zakresie aktywności wody od 0,2 do 0,4 oba rodzaje pieczywa pozostały chrupkie, o czym świadczy współczynnik chrupkości. Liczba zdarzeń emisji akustycznej i współczynnik chrupkości malały w sposób wykładniczy ze wzrostem aktywności wody w pieczywie.

**Słowa kluczowe:** emisja akustyczna, pieczywo chrupkie, aktywność wody, właściwości mechaniczne

### Wprowadzenie

Tekstura jest jednym z podstawowych parametrów jakości suchych produktów zbożowych i obejmuje takie elementy składowe jakości, jak: kruchość, chrupkość, twardość oraz charakter fragmentacji. Jest to wielkość wieloparametryczna odbierana przez człowieka zmysłami dotyku, wzroku i słuchu, dlatego naturalne jest jej analizowanie metodami sensorycznymi. Stosowanie tych metod napotyka jednak na wiele niedogodności, które nie występują w metodach instrumentalnych.

---

*Dr inż. A. Marzec, prof. dr hab. P. Lewicki, mgr inż. M. Borowiec, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa, e-mail: danak@alpha.sggw.waw.pl*

Wykorzystanie metod mechanicznych polega na deformowaniu materiału z określoną siłą i szybkością oraz pomiarze zmian zachodzących w materiale pod wpływem tych czynników. Interpretacja uzyskanych zależności siła-odkształcenie jest bardzo trudna, ze względu na ich skomplikowaną morfologię. Ponadto, różne określenia mogą być użyte do opisu tego samego produktu spożywczego. Określenie „chrupki” jest używane do produktów definiowanych jako „kruche” przez inny panel [6, 20].

Kruchość i chrupkość można kontrolować metodami akustycznymi przez pomiar sygnału akustycznego generowanego w procesie kruszenia produktów spożywczych. Najczęściej badania te są wykonywane przy użyciu teksturometrów wyposażonych w mikrofon, wzmacniacz sygnałów akustycznych oraz komputer do sterowania pomiarem i do rejestracji wyników. Rejestracja dźwięków generowanych w trakcie kruszenia produktów spożywczych jest złożonym problemem, ponieważ dźwięki te mają niską energię w porównaniu z energią tła akustycznego, w sposób nieunikniony rejestrowanego przez mikrofon [17]. Kontaktowa metoda pomiaru emisji akustycznej polega na rejestracji fal sprężystych transmitowanych od powierzchni produktu niszczonego do kontaktowego sensora drgań (akcelerometru) (fot. 1). Mierzone sygnały są wzmacniane w liniowym wzmacniaczu niskoszumowym, a następnie zapisywane w pamięci komputera PC przy zastosowaniu dźwiękowej karty przetwarzania analogowo-cyfrowego z częstotliwością zbierania danych 44,1 kHz [18]. Zastosowanie takiej metody pomiaru emisji akustycznej pozwala wyeliminować zakłócenia jakie mogą pochodzić z otoczenia (tło akustyczne).

Emisja akustyczna (EA) generowana podczas niszczenia produktów zbożowych jest ważnym składnikiem cech określanych jako chrupkość czy kruchość. Konsumenci są zdolni do opisu różnic między dźwiękiem kruchym i chrupkim. Kruchy dźwięk jest krótki (chodzenie po śniegu lub lodzie), chrupki dźwięk jest dłuższy (chodzenie po żwirze lub suchych liściach) [9]. Ostatnio badane są relacje pomiędzy wytworzonym dźwiękiem i odczuciem kruchości/chrupkości. Brak jest jednoznacznych definicji obu parametrów. Kruchość wg Pelega [15] jest to tendencja materiału do nagłego pęknięcia przy małych odkształceniach i siłach. Według innej definicji, kruche produkty to takie, w którym niszczenie jest słyszalne podczas pierwszego złamania [4]. Chrupkość zaś, związana jest ze złożonym mechanizmem pęknięcia, wymaga zastosowania wyższej siły do licznych zniszczeń struktury. Żywność taka generuje niskie dźwięki z charakterystycznymi pikami w zakresie częstotliwości 1,25–2 kHz [1]. Lewicki i wsp. [8] wykazali, że produkty chrupkie, takie jak ekstrudowane pieczywo chrupkie, herbatniki i płatki kukurydziane oraz kruche, jak krakersy emitują dźwięki w zakresie częstotliwości od 1 do 15 kHz. Na jakość emitowanego dźwięku w większym stopniu wpływa technologia wytwarzania pieczywa chrupkiego niż jego skład chemiczny. Wyraża się to głównie odmiennym profilem częstotliwości [14]. Głównym powodem utraty

chrupkości jest wzrost zawartości wody w produktach zbożowych, jako rezultat sorpcji wody z otoczenia lub jej transportu wewnątrz produktu [13].

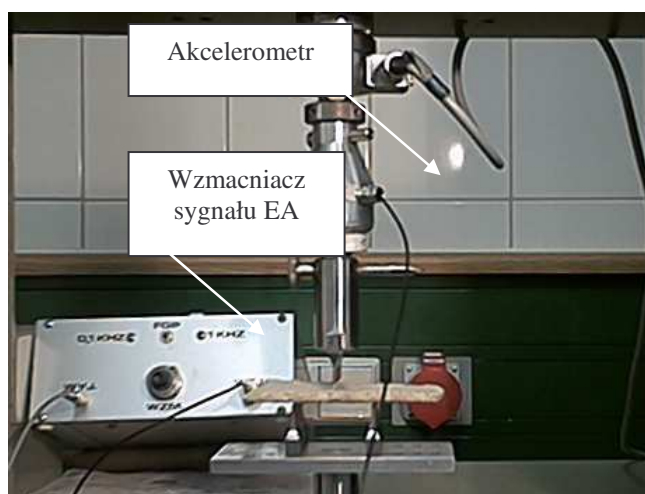
Celem pracy było określenie zmian tekstury pieczywa chrupkiego „Wasa” żytniego i „trzy zboża” wywołanych zmianą aktywności wody, za pomocą analizy generowanego sygnału akustycznego.

### Materiał i metody badań

Kromki pieczywa chrupkiego, żytniego „Wasa” i „trzy zboża”, przechowywano w ekssykatorach o wilgotności względnej powietrza od 0 do 75%. We wszystkich badanych próbkach oznaczano aktywność wody ( $a_w$ ) za pomocą higrometru Hygroskop DT 2 firmy Rotronic.

Próbki pieczywa po osiągnięciu stanu równowagi z otoczeniem były poddawane procesowi łamania za pomocą maszyny wytrzymałościowej Zwick 1445 z prędkością 20 mm/min. Podczas łamania pieczywa rejestrowano siłę niszczenia i emisję akustyczną (fot. 1).

Pomiar emisji akustycznej (EA) wykonano akcelerometrem piezoelektrycznym typu 4381V firmy Brüel&Kjær, w paśmie częstotliwości od 1 do 15 kHz.



Fot. 1. Stanowisko do przeprowadzania testów łamania i rejestracji emisji akustycznej pieczywa chrupkiego.

Fot. 1. Experimental stand to perform breaking tests and to register acoustic emission.

Wyznaczono pracę łamania oraz deskryptory emisji akustycznej, takie jak widma akustyczne, liczbę zdarzeń emisji akustycznej pieczywa o aktywności wody od 0,038 do 0,650.

Pracę łamania obliczano z zależności:

$$W = v \int_0^t F(t) dt$$

w której:

$F(t)$  – kolejna siła w funkcji czasu [N],

$v = 20$  mm/min,

$t$  – czas niszczenia [s].

Energię zarejestrowanego sygnału akustycznego obliczano w jednostkach umownych [V] [10].

Charakterystyki widmowe wyznaczano za pomocą programu WIDMOŚRENI w przedziale częstotliwości od 1 do 15 kHz.

Na podstawie wykresów amplitudowo-czasowych wyznaczono liczbę impulsów odpowiadających pękaniu próbek pieczywa. Impulsy w nomenklaturze akustycznej są nazwane zdarzeniami emisji akustycznej (acoustic emission events). Liczbę zdarzeń EA obliczano za pomocą programu komputerowego „Policz” Windows XP [17].

Współczynnik chrupkości wyznaczano jako iloraz liczby zdarzeń emisji akustycznej do pracy łamania pieczywa chrupkiego.

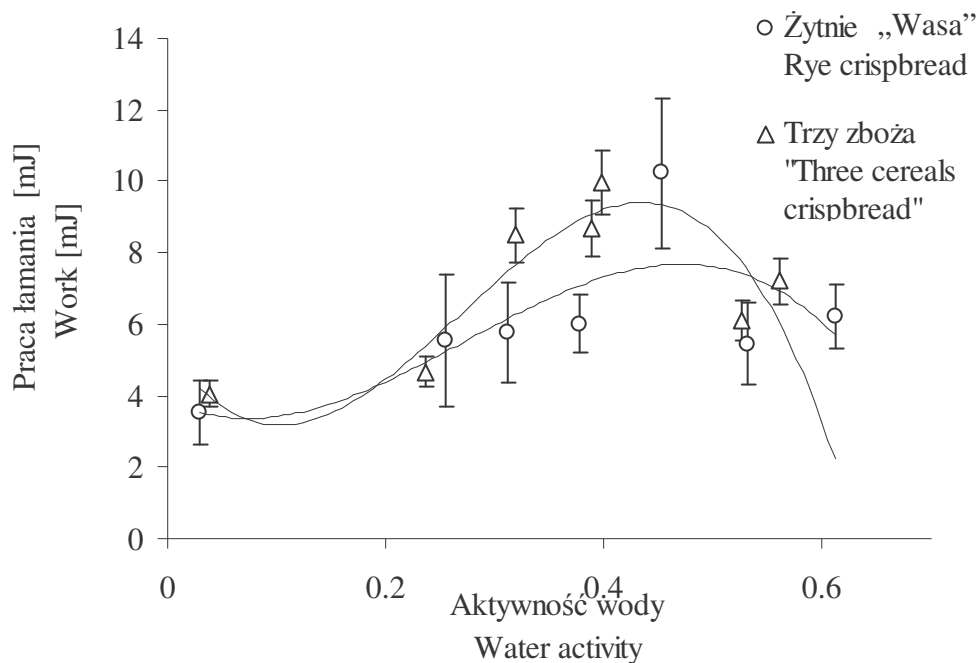
Badania wykonano w 15 powtórzeniach, z czego 10 wybrano do dalszej analizy. Deskrytory EA wyznaczono dla 10 sekundowych zapisów dźwięku. W celu określenia czy uzyskane wartości parametrów reprezentują badaną próbę, czy różnią się istotnie, przeprowadzono analizę statystyczną wyników w programie Excel dla Windows XP.

## Wyniki i dyskusja

Badane produkty pozostają chrupkie w bardzo wąskim zakresie aktywności wody, właściwym dla danego materiału. Wytrzymałość pieczywa chrupkiego określono na podstawie pracy łamania (rys. 1). Zaobserwowano, że ulega ona zmianie ze wzrostem  $a_w$  pieczywa. Do  $a_w$  około 0,45 praca łamania rośnie, a po jej przekroczeniu występuje plastyfikacja materiału.

W badanych produktach stwierdzono znaczne odchylenie standardowe od średnich wartości pracy łamania. Wielkość odchylenia standardowego jednoznaczna z rozrzutem wyników wokół średniej wartości wynosiła około 20% zarówno w pieczywie o niskiej, jak i wysokiej  $a_w$ . Świadczy to o znacznej heterogeniczności produktu. Na podstawie mechanicznych parametrów tekstury trudno stwierdzić, w jakim zakresie,  $a_w$  badany produkt pozostaje chrupki. Podobną tendencję zmian w miarę sorpcji wody odnotowało wielu badaczy. Marzec [11], badając pieczywo chrupkie ekstrudowane stwierdziła, że do  $a_w \sim 0,5$  następuje twardnienie materiału, zaś powyżej tej wartości

jego plastyfikacja. Gondek [4] obserwowała plastyfikujący wpływ wody w płatkach kukurydzianych przy  $a_w$  wyższej niż 0,7 i płatkach z otrąb pszennych przy  $a_w$  powyżej 0,6.



Rys. 1. Wpływ aktywności wody na pracę łamania pieczywa chrupkiego.

Fig. 1. The effect of water activity on the work involved in breaking the crispbreads.

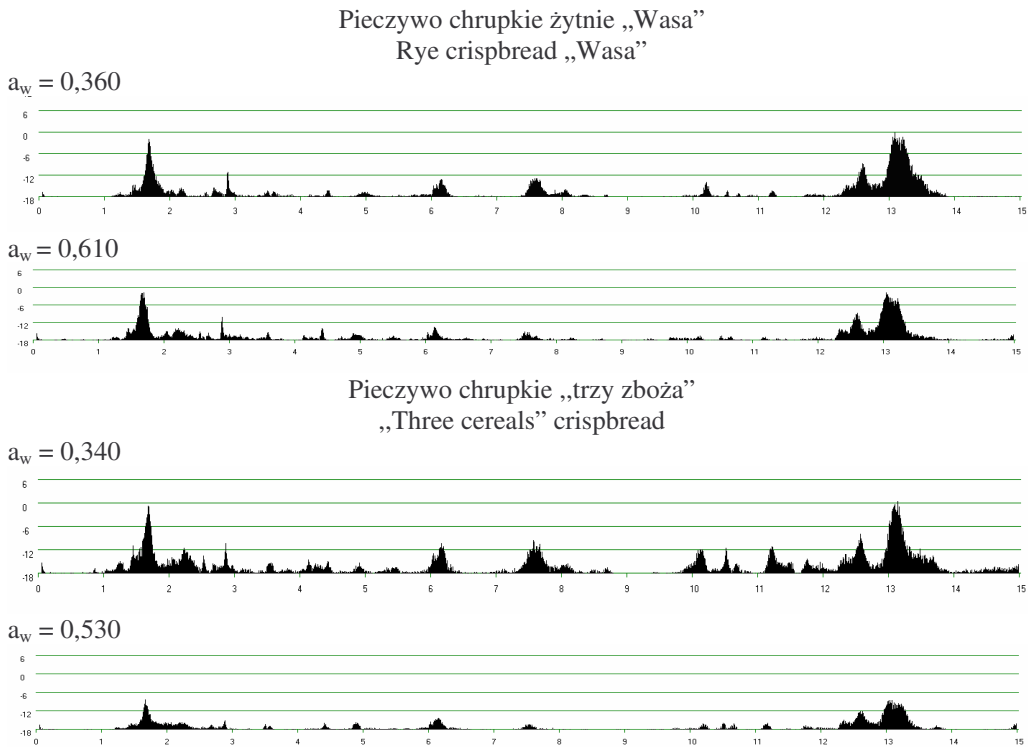
Dźwięk emitowany przez pieczywo chrupkie jest bardzo czułym wskaźnikiem jakości tekstury, a niekorzystny wpływ wody w pierwszym rzędzie objawia się małą intensywnością dźwięku. Wygodną i czytelną formą przedstawienia ilości i jakości wyników pomiarów emisji akustycznej jest akustogram czyli graficzne przedstawienie zmian częstotliwości i natężenia dźwięku w funkcji czasu. Barwy obrazują natężenie sygnału akustycznego (wysokość prążków) badanego produktu.

Akustogramy obu produktów różniących się aktywnością wody przedstawiono na rys. 2. Widoczne są na nich charakterystyczne pasma częstotliwości i natężenie sygnału akustycznego w tych pasmach (barwa prążków) oraz efekt wyraźnego obniżenia natężenia dźwięku wywołanego sorpcją wody. Dodatek wody do materiału wywołuje w nim zmiany, które sprzyjają generacji i propagacji dźwięków o wysokich częstotliwościach. Energia sygnału emisji akustycznej w obrębie podanych wyżej przedziałów częstotliwości zmienia się w funkcji aktywności wody badanych próbek. Marzec i wsp. [14] wykazali, że charakter propagacji fal sprężystych w paśmie 1 kHz i powyżej 10



kHz jest odmienny, ponieważ długość propagowanych fal różni się o rząd wielkości. Efekt ten sprawia, że tłumienie fal o różnej długości jest również odmienne. W próbkach suchych lepiej propagują fale o niższej częstotliwości, natomiast w próbkach uplastycznionych o wysokiej aktywności wody, fale o wyższych częstotliwościach.

Istotne informacje dotyczące jakości emitowanego dźwięku przedstawiają widma spektralne. Różnice w sygnale analizowano porównując uśrednioną charakterystykę widmową zarejestrowanych sygnałów (rys. 3). W przypadku badanych materiałów można wyróżnić dwa charakterystyczne maksima w przedziale częstotliwości 2–8 kHz oraz 13–14 kHz. Nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy pieczywem żytnim „Wasa” i „trzy zboża”. Zwiększenie  $a_w$  do 0,610 w pieczywie żytnim i 0,530 w pieczywie „trzy zboża” spowodowało słabszą emisję akustyczną jednak dźwięk był emitowany zarówno w niskich, jak i w wysokich częstotliwościach.



Rys. 3. Widma akustyczne pieczywa chrupkiego (oś pozioma – częstotliwość dźwięku [kHz]; oś pionowa – natężenie dźwięku [dB]).

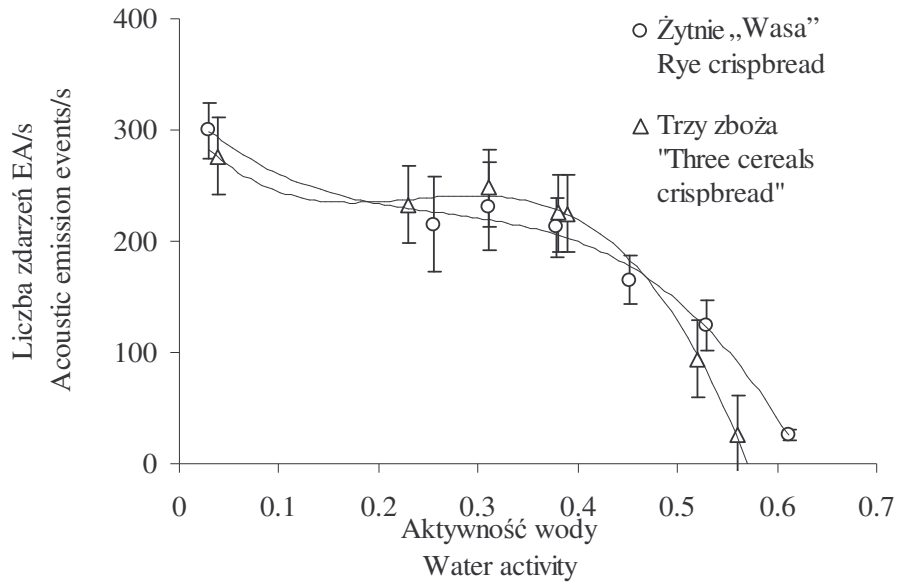
Fig. 3. Acoustic spectra of crispbreads (horizontal axis – sound frequency; vertical axis – sound intensity [dB]).

Spadek intensywności emisji akustycznej wynika ze zróżnicowanego rozkładu naprężeń w produktach suchych i wilgotnych [7]. Wzrost zawartości wody i konsekwencja tego procesu, powoduje rozproszenie energii sprężystej, co zmniejsza możliwość występowania kruchych pęknięć [16].

Szczegółowa analiza zapisu impulsów emisji akustycznej pozwoliła na określenie liczby zdarzeń generowanych dźwięków. W analizowanych produktach liczba zdarzeń i intensywność dźwięku maleje ze wzrostem aktywności wody produktu, jednak do  $a_w$  około 0,4 nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w liczbie zdarzeń emisji akustycznej (rys. 4).

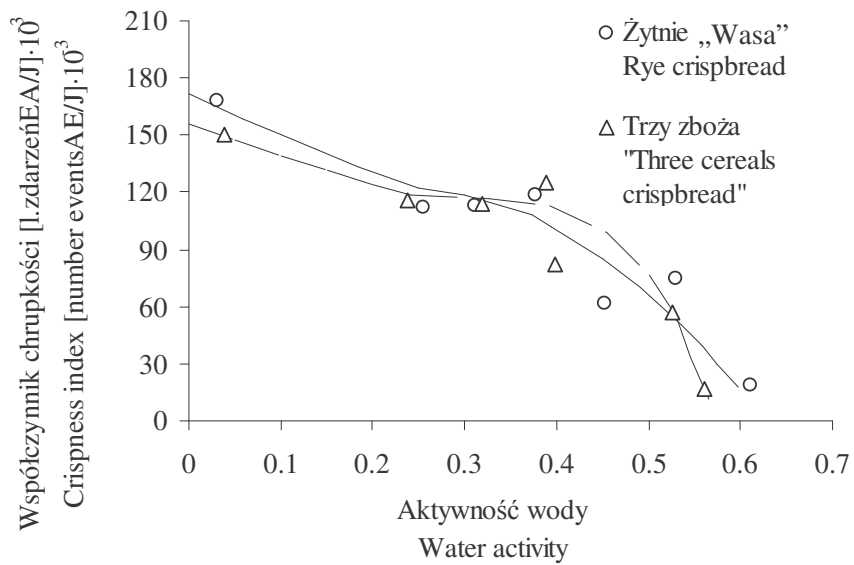
W publikacjach naukowych anglojęzycznych zaproponowano teorię, że chrupkość to głównie wrażenie akustyczne [3, 21]. Mohamed i wsp. [10] stwierdzili, że można ją wiązać ze złamaniem oraz nadmiarem energii uwalnianej jako dźwięk w miarę propagacji pęknięcia, a dźwięk jest generowany przez szybką destrukcję struktury materiału. Dlatego też do opisu chrupkości badanych produktów podjęto próbę wyznaczenia współczynnika chrupkości, w którym uwzględniono zarówno właściwości akustyczne (liczba zdarzeń EA), jak i mechaniczne (praca łamania) badanych produktów.

Na rys. 5. przedstawiono wpływ aktywności wody na współczynnik chrupkości pieczywa „Wasa”. Współczynnik ten malał w sposób wykładniczy ze wzrostem aktywności wody w pieczywie. Stwierdzono, że tylko w przedziale  $a_w$  od ~0,2 do ~0,4 chrupkość badanego pieczywa nie zmieniała się statystycznie istotnie. Wydaje się, że zaproponowany współczynnik chrupkości można zastosować do opisu tekstury tego typu produktów. Z badań sensorycznych wynika, że właśnie w powyższym zakresie  $a_w$  produkt jest oceniany przez konsumentów jako chrupki i jest akceptowany [5].



Rys. 4. Wpływ aktywności wody na liczbę zdarzeń emisji akustycznej w pieczywie chrupkim.

Fig. 4. The effect of water activity on the number of acoustic emission events occurring in crispbreads.



Rys. 5. Wpływ aktywności wody na współczynnik chrupkości pieczywa chrupkiego.

Fig. 5. The effect of water activity on the crispness index of crispbreads.

## Wnioski

1. Wzrastająca aktywność wody istotnie wpływa na zmiany tekstury pieczywa chrupkiego. Do aktywności wody około 0,4 występuje jego twardnienie zaś powyżej tej  $a_w$  plastyfikacja.
2. Zmiany tekstury wyrażają się również stopniowym zanikiem emisji akustycznej.
3. Liczba zdarzeń emisji akustycznej i współczynnik chrupkości maleją w sposób wykładniczy ze wzrostem aktywności wody w pieczywie. W zakresie aktywności wody od 0,2 do 0,4 oba rodzaje pieczywa pozostają chrupkie, o czym świadczą wartości współczynnika chrupkości.

*Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2003-2006 (3 P06T 040 25).*

## Literatura


- [1] Bourne M.C.: Food Texture and viscosity: concept and measurement. Second Ed. Food Sci. Technol., Inter. Series, Academic Press, New York 2002.
- [2] Brennan J. G.: Texture perception and measurement. In: Sensory Analysis of Foods (I. R. Piggot ed.) Appl. Sci. Publishers Barking, Essex, UK, 1984, pp. 59-91.
- [3] Drake. B. K.: Food crunching sounds: comparison of objective and subjective data. J. Food Sci., 1965, **30**, 556-559.
- [4] Gondek E.: Wymiana masy w produktach typu muesli i jej wpływ na właściwości mechaniczne i akustyczne płatków zbożowych. Praca doktorska. Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, SGGW. Warszawa 2003.
- [5] Gondek E., Marzec A.: Wpływ aktywności wody na właściwości sensoryczne wybranych produktów zbożowych. Praca niepublikowana: dostępna w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, SGGW, Warszawa 2005.
- [6] Guraya H.S., Toledo R.T.: Micro-structural characteristics and compression resistance as indices of sensory texture in a crunchy snack product. J. Texture Studies, 1996, **27**, 687-701
- [7] Lewicki P., Marzec A., Ranachowski Z., Dębowski T.: Spectral characteristic of acoustic signals emitted by flat rye bread samples. XLIX Seminarium Akustyki 2002. Wyd. Sowa. Warszawa 2002, pp. 453-458.
- [8] Lewicki P.P., Marzec A. Ranachowski Z.: Acoustic properties of crunchy products. 3<sup>rd</sup> International Workshop on Water in Food. 29th – 30th March 2004. Lausanne, Switzerland, CD, 2004.
- [9] Luyten H. Plijter J.J., Van Vliet T.: Crispy/crunchy crusts of cellular solid foods: a literature review with discussion. J. Texture Studies, 2004, **35**, 445–492.
- [10] Mohamed A.A.A., Jowitt R., Brennan J.G.: Instrumental and sensory evaluation of crispness: I - in friable foods. J. Food Eng., 1982, **1**, 55-75.
- [11] Marzec A.: Wpływ aktywności wody na właściwości mechaniczne i akustyczne pieczywa chrupkiego. Praca doktorska. SGGW. Warszawa 2002.
- [12] Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., Dębowski T.: The influence of moisture content on spectral characteristic of acoustic signals emitted by flat bread samples. Proceedings of the AMAS Course on Nondestructive Testing of Materials and Structures. (eds. J. Deputat, Z. Ranachowski) Centre of Excellence for Advanced Materials and Structures. Warszawa 2002, pp. 127-135.
- [13] Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., Dębowski T.: Cereal food texture evaluation with appli-

- cation of mechanical and acoustical methods. Proceedings of the AMAS Course on Non-destructive Testing of Materials and Structures II. (eds. J. Deputat, Z. Ranachowski) Centre of Excellence for Advanced Materials and Structure. Warszawa 2003, pp. 111-131.
- [14] Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z.: Analiza wybranych deskryptorów emisji akustycznej pieczywa chrupkiego. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa: Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej. Wrocław-Polanica Zdrój. Wyd. MarMar, 2005, t. 2, s. 66-69.
- [15] Peleg M.: A mathematical model of crunchiness, crispness in breakfast cereals. *J. Texture Studies*, 1994, **25**, 403-410.
- [16] Poliszko S., Klimek D., Moliński W.: Acoustic emission activity of re-hydrated corn extrudates. *Properties of Water in Foods*. (ed. Lewicki P.P.). Warsaw Agricultural University Press, Warszawa 1995, s. 25-30.
- [17] Ranachowski Z.: Instrumentation designed to investigate texture parameters of cereal food. *Structures - waves - Human health. Acoustical Engineering*. (ed. Pamuszka R.), Polish Acoustical Society, Division Kraków 2005, **XIV (1)**, 137-140.
- [18] Ranachowski Z., Gondek E., Lewicki P.P., Marzec A.: Investigation of acoustic properties of compressed wheat bran flakes. *Archives of Acoustics*, 2005, **30 (2)**, 255-265.
- [19] Roudaut G., Dacremont C., Valles Pamies B., Colas B., Le Meste M.: Crispness: a critical review on sensory and material science approaches, *Trends Food Sci. Technol.*, 2002, **13**, 217-227.
- [20] Segnini S., Dejmek P., Öste R.: Reproducible texture analysis of potato chips. *J. Food Sci.*, 1999, **64 (2)**, 309-312.
- [21] Vickers Z. M., Bourne M.C.: Crispness in foods – a review. *J. Food Sci.*, 1976, **41**, 1153-1157.

## INVESTIGATING THE CRISPBREAD TEXTURE USING AN ACOUSTIC EMISSION METHOD

### S u m m a r y

The objective of the paper was to determine changes in the texture of “Wasa” rye crispbread and „Three cereals” crispbread generated by changes in water activity. The investigations were performed using a method of analyzing the acoustic signals generated. Crispbread samples were broken in a strength testing machine “Zwick 1445”. While breaking the bread samples, an acoustic emission was recorded. The work involved in the breaking process and descriptors of acoustic emission were determined; the latter ones were: acoustic spectra, number of events during the acoustic emission, and crispness index of crispbread showing water activity from 0.038 to 0.650. The spectrum characteristics were presented in the range of frequencies from 0.1 kHz to 15 kHz using a WIDMOŚREDNI software. Spectrum characteristics of products investigated were analyzed very thoroughly, and it was stated that, irrespective of an aw value, the products emitted acoustic signals (sounds) in the range of frequencies from 2 to 8 kHz, and from 13 to 14 kHz. Moreover, a gradually fading acoustic emission proved that changes were occurring within the texture of crispbreads. The crispness index of crispbread was calculated as a quotient of the number of acoustic emission (AE) events by the value of work involved in breaking. Within the range of water activity from 0.2 to 0.4, the two kinds of crispbread remained crispy, and this fact was evidenced by the crispness index. The number of acoustic emission events and the crispness index decreased exponentially with the increase in activity of water contained in crispbreads.

**Key words:** acoustic emission, crispbread, water activity, mechanical properties 

**BRONISŁAW BUCZEK, WOJCIECH CHWIAŁKOWSKI**

**WPLYW MODYFIKACJI POWIERZCHNI WĘGLA AKTYWNEGO  
NA JEGO ZDOLNOŚĆ DO OCZYSZCZANIA ZUŻYTEGO OLEJU  
SMAŻALNICZEGO**

**Streszczenie**

Składniki świeżych olejów roślinnych wykazują charakter niepolarny. W wyniku smażenia powstają związki o charakterze polarnym, obniżające jakość i cechy zdrowotne oleju. W celu poprawy jakości zużyty olej smażalniczy można oczyszczać, stosując różnego rodzaju adsorbenty. Podjęto więc badania nad adsorpcyjnym oczyszczaniem oleju rzepakowego, stosowanego do smażenia żywności, za pomocą węgla aktywnych o zmodyfikowanej powierzchni.

Węgiel aktywny charakteryzuje się niewielką liczbą grup funkcyjnych o charakterze polarnym. Do zwiększenia skuteczności jego działania konieczna jest więc modyfikacja powierzchni, obejmująca zwiększenie liczby grup funkcyjnych o charakterze polarnym. Takie działanie umożliwia uzyskanie adsorbenta przydatnego do usuwania związków polarnych, zawartych w zużytym oleju smażalniczym.

Przygotowano węgle aktywne o zmodyfikowanej powierzchni poprzez utlenianie wyjściowego węgla roztworem kwasu azotowego, nadtlenkiem wodoru oraz kwasem siarkowym. Węgłe aktywne poddane procesowi modyfikacji powierzchni w istotny sposób polepszały jakość olejów użytych do smażenia żywności. Węgiel utleniony nadtlenkiem wodoru najlepiej adsorbował wolne kwasy tłuszczowe. Z kolei węgiel traktowany rozcieńczonym kwasem azotowym najefektywniej zmniejszał zawartość produktów utleniania triacylogliceroli, natomiast węgiel utleniony stężonym kwasem siarkowym w wyraźny sposób powodował wzrost ilości kwasów nienasyconych w stosunku do ilości kwasów nasyconych.

**Słowa kluczowe:** zużyte oleje smażalnicze, oczyszczanie adsorpcyjne, charakter powierzchni węgla aktywnego

**Wprowadzenie**

Pod wpływem smażenia produktów żywnościowych w świeżym oleju roślinnym zachodzi szereg zmian. Składniki oleju, naturalne triacyloglicerole, które z natury są niepolarne pod wpływem wysokiej temperatury, wilgoci oraz światła przeobrażają się w substancje polarne, takie jak: wolne kwasy tłuszczowe, monoacyloglicerole i diacyloglicerole, utlenione triacyloglicerole, aldehydy, ketony oraz triacyloglicerole



oligomeryczne – polimery. Związki te w widoczny sposób pogarszają jakość oleju powodując jednocześnie obniżanie jakości sensorycznej smażonych w nim produktów. Surowiec o zmniejszonej ilości triacylogliceroli nienadający się teoretycznie do dalszego stosowania staje się niewygodnym odpadem.

Głównym kryterium określania przydatności olejów do dalszego smażenia jest przede wszystkim zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych – PUFA (<2,5%) oraz zawartość związków polarnych (<25%) [6].

Zużyty olej oddawany jest zazwyczaj do zakładów utylizacji, gdzie staje się surowcem do produkcji estrów metylowych, które z kolei służą do wytwarzania ekologicznego paliwa jakim jest biodiesel.

Niemniej jednak surowiec olejowy o zmniejszonej ilości triacylogliceroli – olej zużyty, może być dalej wykorzystywany w procesach smażenia żywności. W celu przedłużenia czasu eksploatacji i polepszenia parametrów fizykochemicznych oraz jakościowych zużyty olej można poddać oczyszczaniu na różnego rodzaju filtrach, a dzięki temu zmniejszyć ilość odpadów powstających w procesie smażenia.

Jako filtry stosuje się adsorbenty mineralne, takie jak krzemian magnezu czy żel kwasu krzemowego oraz rzadziej adsorbenty węglowe, głównie węgle aktywne [10, 12].

Adsorbenty mineralne wykazują polarny charakter powierzchni, dlatego też efektywnie adsorbują związki polarne, przez co oczyszczają oleje smażalnicze z niepożądanych substancji. Podnoszą często ich jakość do poziomu zbliżonego do oleju świeżego. Natomiast adsorbenty węglowe cechują się niepolarnym charakterem powierzchni, ale za to znaczną powierzchnią właściwą oraz rozwiniętą strukturą mikroporowatą. Na powierzchni węgla aktywnego występuje niewielka ilość grup polarnych ale można przyjąć, że jego charakter jest niepolarny. Między innymi dzięki takim właściwościom węgle aktywne stosuje się zwykle do odbarwiania (wybielania) olejów i tłuszczów. Traktowanie olejów smażalniczych węglem aktywnym w widoczny sposób powoduje zmianę barwy oleju na odpowiadający olejowi świeżemu. Niestety adsorbenty węglowe mają małą zdolność usuwania produktów degradacji olejów – substancji polarnych.

Aby można było skutecznie zastosować węgle aktywne w procesach oczyszczania zużytych olejów smażalniczych należy poddać je modyfikacji powierzchni. Zabieg ten ma na celu wprowadzenie tlenowych grup funkcyjnych o charakterze polarnym a wykonuje się go poprzez utlenianie różnego rodzaju utleniaczami z fazy gazowej bądź ciekłej. Jako utleniacze gazowe stosuje się tlen, ozon, powietrze, parę wodną, dwutlenek węgla raz tlenki azotu. Natomiast do utleniania z fazy ciekłej używa się roztworów zawierających substancje utleniające, takie jak: kwas azotowy, kwas siarkowy i ich mieszaniny czy roztwór nadtlenu wodoru itp. W wyniku takiego traktowania, na powierzchni węgla aktywnych następuje przyrost tlenowych grup funkcyjnych, które zmieniają jej charakter na bardziej polarny. Dzięki modyfikacji chemicznej adsorbenty węglowe efektywniej oczyszczają zużyte oleje smażalnicze z

niepożądanych polarnych produktów degradacji olejów, dorównując często właściwościami adsorbentom mineralnym [5].

Celem pracy była ocena właściwości sorpcyjnych, uwzględniająca składniki polarne, czterech węgla aktywnych: wyjściowego węgla aktywnego oraz trzech węgla o zmodyfikowanej powierzchni, otrzymanych przez utlenianie w fazie ciekłej oraz porównanie ich zdolności do oczyszczania zużytych olejów smażalniczych z produktów degradacji.

### **Materiał i metody badań**

#### *Przygotowanie węgla o zmodyfikowanej powierzchni*

Do badań użyto węgla aktywnego (AR) (Carbon Racibórz Sp. z o.o.) [2] oraz węgla utlenionego: roztworem kwasu azotowego (ARU) [5], roztworem nadtlenku wodoru (ARP) [3] oraz stężonym kwasem siarkowym (ARS) [4]. Utlenianie węgla zastosowano w celu uzyskania bardziej aktywnych adsorbentów.

Specyfikację stosowanych utleniaczy przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Czynniki zastosowane do utlenienia węgla aktywnego AR.

Agents used to oxidize the active carbon AR.

Czynnik utleniający powodujący modyfikację powierzchni węgla aktywnego AR Oxidizing agent producing the surface modification of active carbon AR	Symbol
Mieszanka $\text{HNO}_3$ : $\text{H}_2\text{O}$ w stosunku 4:1 Mixture of $\text{HNO}_3$ : $\text{H}_2\text{O}$ , its ratio 4:1	ARU
Perhydrol / 30% solution of $\text{H}_2\text{O}_2$	ARP
Kwas siarkowy, stężony $\text{H}_2\text{SO}_4$ / Concentrated sulphur acid $\text{H}_2\text{SO}_4$	ARS

#### *Analiza struktury porowatej węgla AR, ARU, ARP i ARS*

Strukturę porowatą zmodyfikowanych węgla aktywnych analizowano na podstawie izoterm adsorpcji azotu, którą wyznaczano metodą objętościową, w temp.  $-195,7^\circ\text{C}$  w zakresie ciśnień względnych  $p/p_0 = 0,00001-0,999$ .

Z otrzymanych danych wyznaczono parametry charakteryzujące strukturę mikroporowatą: objętość mikroporów ( $W_o$ ) oraz charakterystyczną energię adsorpcji ( $E_o$ ) zgodnie z równaniem Dubinnina-Raduszkiewicza [8]. Powierzchnię mezoporów ( $S_{mez}$ ) obliczano metodą Dollimore'a-Heala [7]. Powierzchnię właściwą ( $S_{BET}$ ) określano z równania Brunauera-Emmetta-Tellera (BET) [11].

*Określenie adsorpcji pary wodnej oraz ocena modyfikacji powierzchni węgla aktywnego*

Izotermy adsorpcji wody stosowanych adsorbentów wyznaczano metodą mikrobiuretek cieczowych [9] w temp. 25°C

Do oceny zmian charakteru powierzchni węgla aktywnego przed i po utlenianiu wykorzystano zależność pozwalającą określić liczbę ugrupowań tlenowych (liczbę pierwotnych centrów adsorpcyjnych) z izoterm sorpcji wody. Izotermy w początkowym zakresie analizowano na podstawie równania zaproponowanego przez Bartona [1] w postaci zależności sześcienniej:

$$a/h = -cka^3 - cka_0a^2 + ca + ca_0$$

gdzie:  $a_0$  ( $a_0(B)$ ) – oznacza liczbę ugrupowań powierzchniowych – centra adsorpcji, [mmol/g];  $a$  – ilość zaadsorbowanej wody przy ciśnieniu względnym  $p/p_0 = h$ ,  $c$  – stała równowagi (stosunek stałych szybkości adsorpcji i desorpcji),  $k$  – stała związana z maksymalną wartością adsorpcji wody przy  $h = 1$ .

Wykorzystując powyższą zależność, na podstawie izoterm adsorpcji wody węgla aktywnych, obliczano współczynniki równania Bartona.

*Przeprowadzenie doświadczenia technologicznego – oczyszczanie zużytego oleju*

W badaniach użyto trzech handlowych olejów rzepakowych o niskiej zawartości kwasu erukowego. Dwa spośród nich pochodziły od jednego wytwórcy, ale z dwóch różnych partii. W świeżych olejach smażyono frytki oraz burgery rybne według wyszczególnienia przedstawionego w tab. 2., uzyskując w końcowym efekcie zużyte oleje smaźalnicze.

Olej ten poddawano oczyszczaniu, którego celem było usunięcie produktów rozkładu powstałych podczas smażenia oraz ocena skuteczności działania stosowanych adsorbentów.

Do próbek oleju dodawano węgiel aktywny w stosunku 10:1 (m/m). Olej z adsorbentem ogrzewano i mieszano za pomocą mieszadła magnetycznego przez 30 min, utrzymując temp. 70–80°C. Następnie węgiel oddzielano od oleju przez filtrację ciepłej zawiesiny (temp. 60°C) w urządzeniu do filtrowania własnej konstrukcji, pod ciśnieniem około 2 atm., w atmosferze azotu.

Oczyszczaniu poddawano oleje posmaźalnicze:

- SOL – wyjściowym węglem aktywnym (AR) i węglem utlenionym kwasem azotowym (ARU) – otrzymując oleje filtrowane, które oznaczone symbolami, odpowiednio SOLW i SOLWU;
- SOLIF – węglem utlenionym nadtlakiem wodoru (ARP) – otrzymując olej filtrowany, który oznaczono symbolem SOLIFP;
- STO – węglem utlenionym kwasem siarkowym (ARS) – otrzymując olej filtrowany, który oznaczono symbolem STOS.

Warunki otrzymywania zużytych olejów smaźalniczych.  
The conditions of producing the used frying oils.

Olej świeży Fresh oil (name)	Symbol oleju świeżego Symbol of Fresh Oil	Smażony produkt, ilość [kg], czas smażenia [min], temperatura [°C]/ Fried product, quantity [kg], frying time [min], temperature [°C]	Symbol oleju zużytego Symbol of used oil
„OLEK” ZPT Kruszwica S.A.	OLO	Frytki; 9; 200, 180 / French chips	SOL
	OLO1	Frytki; 8,4; 315, 180 / French chips	SOL1F
		Burgery rybne; 6,3; 315, 180 / Fish burgers	SOL1B
„Twój Olej” WZT ADM Szamotuły Sp. z o.o.	TO	Frytki; ~100; ~2520, 180-186 / French chips	STO

#### Metody badań olejów

Oceny zmian właściwości olejów po smażeniu i oczyszczaniu dokonano na podstawie oznaczenia następujących wyróżników:

- barwa (ocena wzrokowa),
- gęstość  $\rho^{20} \pm 0,0004$  [g/cm<sup>3</sup>],
- lepkość  $\eta^{40} \pm 0,01 \cdot 10^{-2}$  [Pa·s],
- liczba jodowa  $LI \pm 2,0$  dla  $LJ \in <50; 100>$  i  $\pm 3,5$  dla  $LJ \in <100; 135>$  [g I<sub>2</sub>/100 g] [16],
- liczba kwasowa  $LK \pm 3\%$  [mgKOH/g] [17],
- liczba nadtlenkowa  $LN \pm 0,2$  [milirówn.O<sub>2</sub>/kg] [14],
- skład kwasów tłuszczowych, który oznaczano w postaci estrów metylowych metodą chromatografii gazowej, z dokładnością do 0,1%, z użyciem chromatografu SRI 8610C z kolumną Restek RTX-2330, stosując detektor FID oraz gaz nośny – wodór [13, 15]. Oznaczanie składu kwasów tłuszczowych wykonywano w zużytych olejach smaźalniczych. W przypadku węgla AR, ARU i ARS był to olej stosowany do smażenia frytek, a w przypadku węgla ARP olej po smażeniu burgerów rybnych (SOL1B). Filtrat tego oleju po oczyszczeniu węglem ARP oznaczono jako SOL1BP. Uzyskane wyniki przedstawiono tylko w celu wskazania charakteru zmian zawartości kwasów tłuszczowych po oczyszczaniu adsorbentem węglowym utlenionym nadtlenkiem wodoru.

## Wyniki i dyskusja

### Analiza struktury porowatej oraz adsorpcji węgla AR, ARU, ARP i ARS

Wyniki analizy struktury mikro- i mezoporowatej modyfikowanych węgla aktywnych przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3

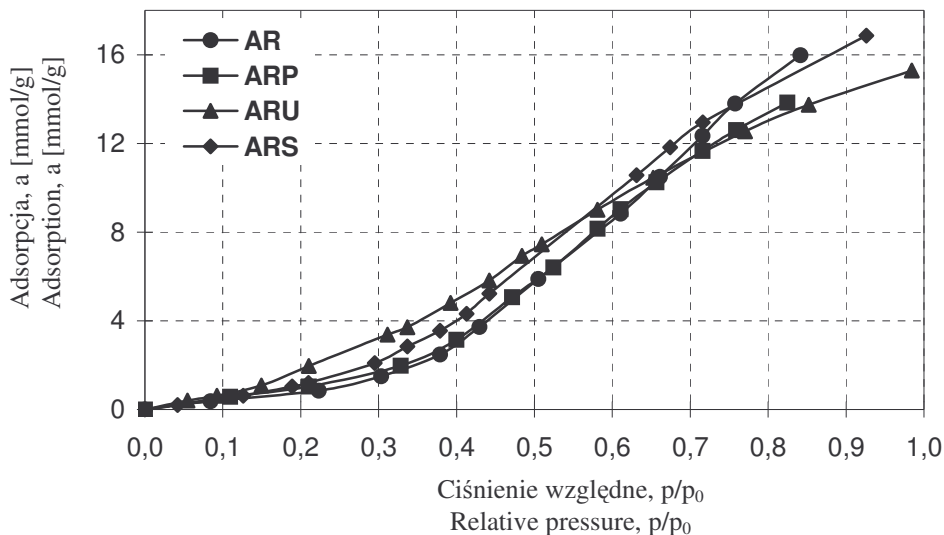
Parametry struktury porowatej węgla aktywnych, wyznaczone z pomiarów adsorpcji azotu w temp.  $-195,7^{\circ}\text{C}$ .

Porous structure parameters of activated carbons obtained from low-temperature nitrogen adsorption at temperature  $-195.7^{\circ}\text{C}$ .

Parametr Parameter	Symbol	Jednostka Unit	AR	ARU	ARP	ARS
Objętość mikroporów Volume of micropores	$W_o$	$[\text{cm}^3/\text{g}]$	0,423	0,392	0,399	0,381
Charakterystyczna energia adsorpcji Characteristic adsorption energy	$E_o$	$[\text{kJ}/\text{mol}]$	18,5	16,8	20,2	22,0
Powierzchnia mezoporów Surface of mesopores	$S_{\text{mez}}$	$[\text{m}^2/\text{g}]$	207	178	192	180
Powierzchnia właściwa Specific surface area	$S_{\text{BET}}$	$[\text{m}^2/\text{g}]$	980	895	960	940

Na podstawie znajomości parametrów struktury porowatej analizowanych węgla stwierdzono, że proces utleniania powierzchni adsorbenta spowodował we wszystkich przypadkach degradację mikroporów. Objętość mikroporów węgla ARU, ARP i ARS zmalała odpowiednio o około 7, 6 i 10%. W przypadku węgla utlenionego nadtlenkiem wodoru (ARP) i węgla utlenionego kwasem siarkowym (ARS) wzrosła charakterystyczna energia adsorpcji, o około 10 i 19%. Parametr ten odzwierciedla zwiększoną zdolność adsorpcyjną w obszarze małych ciśnień względnych. Charakterystyczna energia adsorpcji  $E_o$  węgla ARU zmalała o około 10%. Powierzchnia mezoporów zmalała we wszystkich węglach aktywnych. Zmiany te były jednak różne, utlenianie roztworem kwasu azotowego spowodowało zmniejszenie powierzchni mezoporów o ok. 15%, nadtlenkiem wodoru o ok. 8%, a kwasem siarkowym o ok. 13%. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku powierzchni właściwej. Zmalała ona odpowiednio o ok. 9, 2 i 4%.

Izotermy adsorpcji przedstawiono na rys. 1., a obliczone współczynniki równania Bartona w tab. 4.



Rys. 1. Izotermi adsorpcji pary wodnej stosowanych adsorbentów wyznaczone w temp. 25°C.

Fig. 1. Water vapour adsorption isotherms for applied adsorbents measured at a temperature of 25°C.

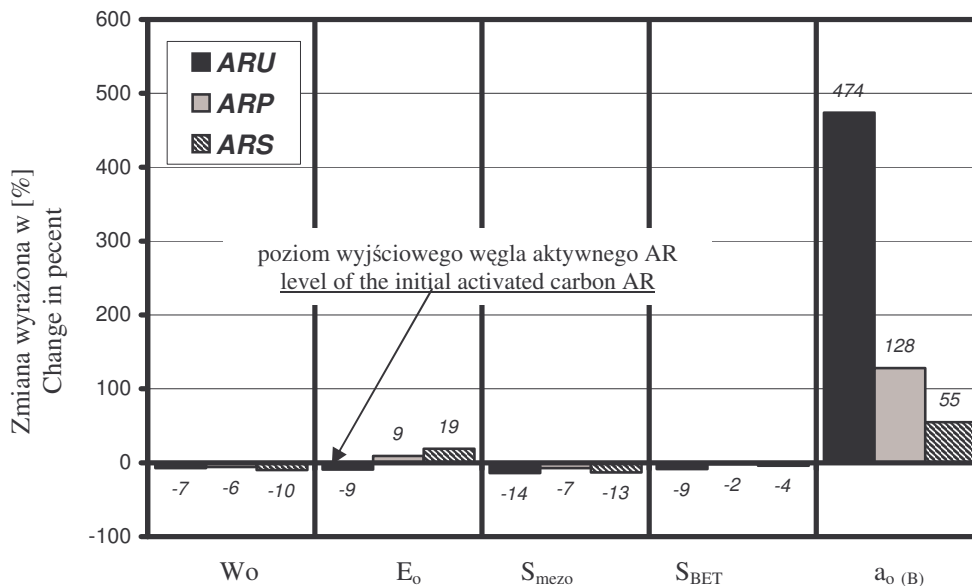
Tabela 4

Współczynniki równania Bartona.

Coefficients of the Barton's equation.

Węgiel aktywny Activated carbon	Współczynniki / Coefficients		
	$a_0$ [mmol/g]	$c$ [-]	$k$ [g/mmol]
AR	1,53	1,53	0,005
ARU	8,78	0,85	0,008
ARP	3,49	1,05	0,011
ARS	2,37	1,60	0,0002

Wyznaczone wartości  $a_0$  potwierdziły, że zabieg modyfikacji powierzchni węgla aktywnego AR spowodował wprowadzenie dodatkowych grup tlenowych. Z przedstawionych na wstępie rozważań wynika że węgiel ARU miał najwięcej powierzchniowych grup tlenowych (w porównaniu z innymi węglami aktywnymi), przez co winien znacznie efektywniej oczyszczać zużyte oleje z produktów degradacji. Wyniki analizy parametrów strukturalnych oraz natury powierzchni węgla aktywnych przed i po utlenianiu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Zmiana parametrów strukturalnych oraz natury powierzchni węgla aktywnych w wyniku procesu utleniania.

Fig. 2. A change in the structural parameters and nature of surface of activated carbons as a result of oxidation process.

#### *Analiza właściwości fizykochemicznych zużytych olejów smażalniczych i poddanych oczyszczaniu adsorbentami węglowymi*

W tab. 5. zamieszczono wyniki oznaczania właściwości fizykochemicznych olejów na kolejnych etapach ich obróbki termicznej, w tab. 6. przedstawiono procentową zawartość poszczególnych grup kwasów tłuszczowych, a w tab. 7. skład głównych kwasów tłuszczowych.

Traktowanie zużytych olejów smażalniczych adsorbentami węglowymi: AR, ARU, ARP oraz ARS spowodowało zmianę wskaźników jakościowych wyrażonych liczbami: LK, LN, LI i fizykochemicznych – barwy, lepkości i gęstości. Zmiany gęstości były niewielkie. W przypadku lepkości dynamicznej, oznaczonej w temp. 40°C, ze względu na krystalizację oleju nastąpił wzrost wielkości tego wskaźnika po traktowaniu węglami AR, ARU oraz ARP. Jedynie węgiel ARS obniżył wartość tego parametru. W bardzo widoczny sposób zmieniła się barwa oczyszczanych olejów (tab. 5).

Węgiel aktywny ARU w największym stopniu zredukował ilość produktów utleniania (LN), natomiast ARP ilość wolnych kwasów tłuszczowych (LK). Wyjściowy węgiel aktywny AR wpłynął na podniesienie wartości obydwu tych



Tabela 5

Właściwości fizykochemiczne olejów rzepakowych po procesach smażenia i oczyszczania.  
Physicochemical properties of rapeseed oils after the frying and purifying processes.

Olej Oil	Barwa Colour	$\rho^{20}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\eta^{40}$ [Pa·s]	LI/IV [gI <sub>2</sub> /100 g]	LK/AV [mg KOH/g]	LN/PV [milirów O <sub>2</sub> /kg]
OLO	żółty (klarowny) yellow (clear)	0,92	0,28	104,0	0,14	1,84
SOL	kremowy (krystalizujący) creamy (crystallised)	0,91	0,36	96,6	0,20	4,13
SOLW	jasnokremowy (krystalizujący) light creamy (crystallised)	0,90	0,41	96,8	0,23	4,27
SOLWU	jasnożółty (krystalizujący) light yellow (crystallised)	0,92	0,37	96,6	0,20	0,62
OLO1	żółty (klarowny) yellow (clear)	0,91	0,12	108,7	0,18	2,08
SOL1F	żółty (krystalizujący) yellow (crystallised)	0,92	0,14	89,0	0,29	3,91
SOL1FP	kremowy (krystalizujący) creamy (crystallised)	0,92	0,16	97,4	0,16	2,20
TO	żółty (klarowny) yellow (clear)	0,91	0,09	114,5	0,16	1,38
STO	żółty (krystalizujący) yellow (crystallised)	0,92	0,16	99,3	0,79	8,34
STOS	jasnożółty (krystalizujący) light yellow (crystallised)	0,91	0,13	94,4	0,58	7,97

Objaśnienia: / Explanatory notes:

OLO, OLO1, TO – oleje świeże / fresh oils; SOL, SOL1F, STO – oleje zużyte / used oils; SOLW – olej oczyszczony węglem aktywnym (AR) / oil purified by activated carbon (AR); SOLWU – olej oczyszczony węglem utlenionym kwasem azotowym (ARU) / oil purified by oxidized nitric acid; STOS – olej oczyszczony węglem utlenionym kwasem siarkowym (ARS) / oil purified by oxidized sulphuric acid; SOL1FP – olej oczyszczony węglem utlenionym nadtlakiem wodoru (ARP) / oil purified by oxidized hydrogen peroxide.

wskaźników. Po zastosowaniu węgla ARS w olejach nastąpiła redukcja LK i nieznaczne zmniejszenie LN. Węgiel aktywny wyjściowy (AR) i utleniony kwasem azotowym (ARU) nie powodował istotnych zmian w zawartości związków nienasyconych (LI). Węgiel aktywny utleniony nadtlakiem wodoru (ARP) spowodował podniesienie zawartości związków nienasyconych o około 10%, a węgiel aktywny utleniony stężonym kwasem siarkowym (ARS) ich zmniejszenie o około 5%.

W tym przypadku wartości były poniżej poziomu odpowiadającemu olejowi świeżemu (tab. 5).

Tabela 6

Zawartość SFA, MUFA, PUFA w oleju świeżym, w oleju użytym po smażeniu i oczyszczonym adsorbentami węglowymi [% (m/m)] oraz stosunek kwasów nienasyconych do nasyconych (UFA/SFA).

Contents of SFA, MUFA, and PUFA in the fresh oil, in the oil used to fry French chips and fish burgers, and in the oil purified by carbonaceous adsorbents [% w/w], and the ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids (UFA/SFA).

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	OLO	SOL	SOLW	SOLWU	OLO1	SOL1B	SOL1BP	TO	STO	STOS
SFA [%]	7,5	17,0	17,0	17,1	7,3	7,5	7,6	7,5	20,3	19,2
MUFA [%]	64,2	61,0	60,9	60,9	68,2	67,0	69,5	64,6	58,6	59,7
PUFA [%]	28,3	22,0	22,1	22,0	24,8	25,6	23,0	28,5	21,5	21,3
UFA/SFA	12,4	4,9	4,9	4,8	12,7	12,3	12,2	12,2	3,9	4,2

Objaśnienia: / Explanatory notes:

SOL1B – olej zużyty / used oil; SOL1BP – olej oczyszczony węglem utlenionym nadtlakiem wodoru / oil purified by oxidized hydrogen peroxide.

Pozostałe objaśnienia jak w tab. 5. / All other explanatory notes as in Tab. 5.

Tabela 7

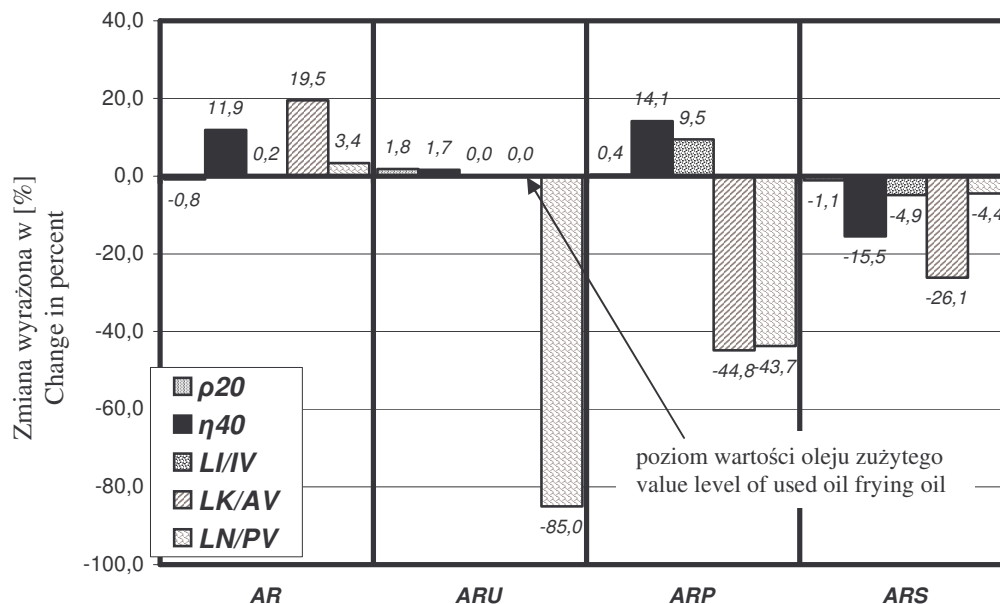
Skład podstawowych kwasów tłuszczowych w olejach rzepakowych, po procesach smażenia i oczyszczania [% (m/m)].

The composition of main fatty acids in the rapeseed oils used to fry and purify [% (w/w)].

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	OLO	SOL	SOLW	SOLWU	OLO1	SOL1B	SOL1BP	TO	STO	STOS
C <sub>16:0</sub>	4,5	11,7	11,8	11,8	4,4	4,6	4,6	4,5	15,6	14,2
C <sub>18:0</sub>	1,7	4,0	3,9	4,0	1,7	1,7	1,7	1,8	3,5	3,8
C <sub>18:1</sub> + izomer	61,4	58,6	58,5	58,5	64,2	64,0	65,5	61,7	56,0	57,0
C <sub>18:2</sub>	18,9	15,1	15,2	15,2	14,9	16,7	13,7	18,6	14,2	14,1
C <sub>18:3</sub>	8,1	6,0	6,1	6,1	6,4	7,2	5,3	8,5	6,1	6,0

Objaśnienia jak w tab. 5 / Explanatory notes as in Tab. 5

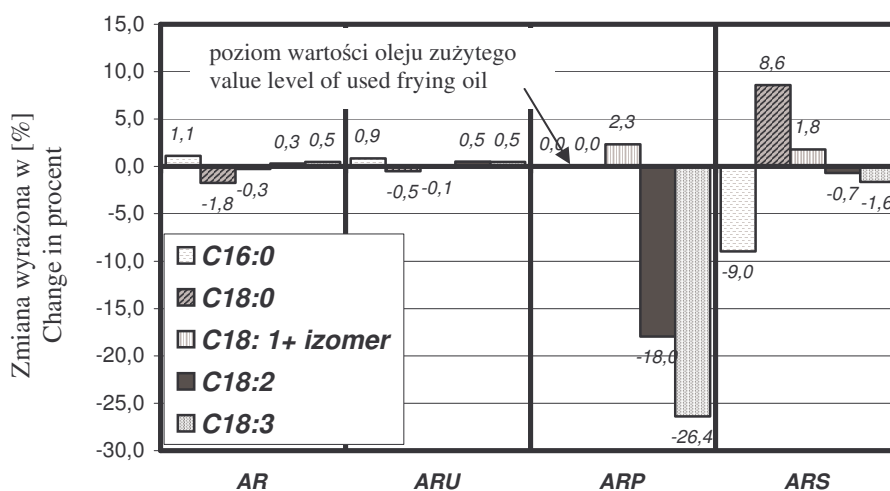
Określono również skład podstawowych kwasów tłuszczowych (tab. 7). W przypadku węgla aktywnego utlenionego nadtlakiem wodoru, były to co prawda wartości oleju po smażeniu innego produktu niż frytki, ale obrazują one charakter zmian w składzie kwasów tłuszczowych.



Rys. 3. Porównanie wartości liczb charakterystycznych badanych olejów rzepakowych.  
Fig. 3. The comparison of characteristic values of rapeseed oils.

Zawartość kwasu palmitynowego ( $C_{16:0}$ ), w wyniku smażenia frytek i burgerów, wzrosła od około 4,5% (w olejach świeżych) do wartości 11,7; 4,6 i 15,6%, odpowiednio w oleju SOL, SOL1B i STO. Oczyszczanie adsorpcyjne za pomocą węgla aktywnego AR i węgla ARU spowodowało wzrost tej wartości o 0,1%, w przypadku węgla ARP pozostała niezmienną, a węgla ARS zredukowana o 1,4% (tab. 7). W przypadku kwasu stearynowego ( $C_{18:0}$ ), w oleju traktowanym adsorbentem AR, ARU oraz ARS jego zawartość zmieniła się od wartości ok. 1,7% w oleju świeżym do ok. 4% w oleju po smażeniu i po oczyszczeniu na adsorbentach (3,9% – SOLW i 3,8% – STOS). W przypadku smażenia burgerów, a następnie oczyszczania węglem ARP zawartość tego kwasu nie zmieniła się.

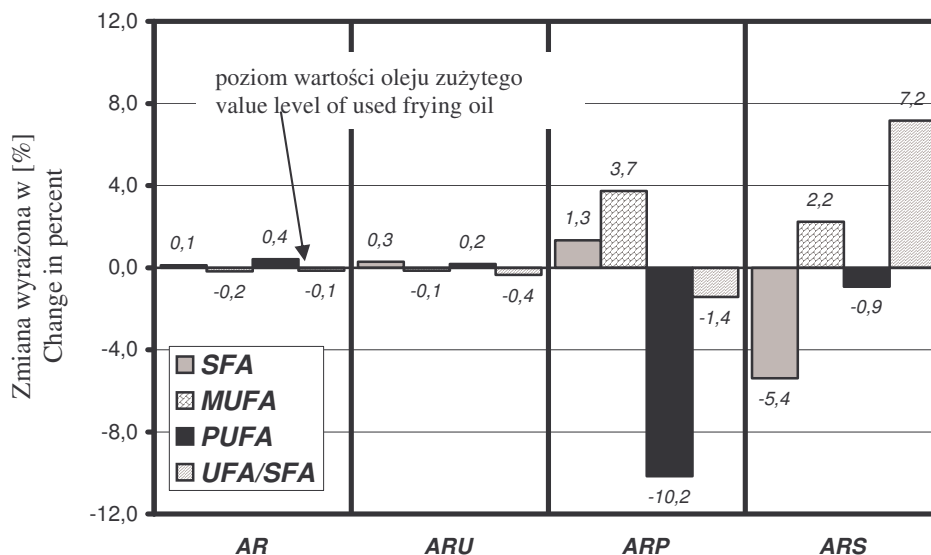
Zawartość kwasu oleinowego ( $C_{18:1}$  + izomer) w olejach, we wszystkich przypadkach zmniejszyła się po smażeniu żywności. Oczyszczanie węglem AR i ARU praktycznie nie spowodowało zmian tej zawartości. Traktowanie pozostałymi adsorbentami wpłynęło na zwiększenie zawartości tego kwasu. Podobną tendencję stwierdzono w przypadku kwasu linolowego ( $C_{18:2}$ ) w olejach poddanych oczyszczaniu za pomocą AR i ARU. Węgla ARP i ARS zredukowały zawartość tego kwasu. Zawartość kwasu linolenowego ( $C_{18:3}$ ) w olejach OLO i TO po smażeniu frytek zmalała. Oczyszczanie adsorpcyjne praktycznie nie wpłynęło na jego zawartość. W oleju użytym do smażenia burgerów rybnych zawartość tego kwasu wzrosła po smażeniu i zmalała w wyniku oczyszczania węglem aktywnym utlenianym nadtlakiem wodoru (ARP).



Rys. 4. Porównanie zawartości kwasów tłuszczowych ( $C_{16:0}$  – palmitynowy,  $C_{18:0}$  – stearynowy,  $C_{18:1}$ +izomer – oleinowy,  $C_{18:2}$  – linolowy,  $C_{18:3}$  – linolenowy) w badanych olejach rzepakowych.

Fig. 4. The comparison of contents of the following acids: palmitic ( $C_{16:0}$ ), stearic ( $C_{18:0}$ ), oleic ( $C_{18:1}$ +isomer), linoleic ( $C_{18:2}$ ) and linolenic ( $C_{18:3}$ ) in the rapeseed oils under investigation.

Ogólnie można stwierdzić, że zawartość kwasów nasyconych (SFA) w wyniku traktowania adsorbentami AR oraz ARU nie zmieniła się istotnie. Jedynie adsorpcja przy użyciu węgla ARP i ARS zmieniła zawartość tego rodzaju kwasów. Adsorbent ARP spowodował podwyższenie a ARS zmniejszenie tego wskaźnika. W przypadku kwasów nienasyconych uzyskano podobne tendencje. Węgle AR i ARU praktycznie nie wpłynęły na zawartość kwasów nienasyconych. Natomiast węgiel ARP spowodował wzrost zawartości kwasów jednonienasyconych (MUFA) o około 2,5%, i zmniejszenie zawartości kwasów wielonienasyconych (PUFA) o 2,6% w stosunku do oleju zużytego. Węgiel ARS działał podobnie, aczkolwiek z mniejszym skutkiem (tab. 6, rys. 5).



Rys. 5. Porównanie zawartości grup kwasów tłuszczowych SFA, MUFA, PUFA oraz stosunek ilości kwasów nienasyconych do nasyconych (UFA/SFA) w badanych olejach rzepakowych.

Fig. 5. The comparison of contents of SFA, MUFA, and PUFA, as well as the ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids (UFA/SFA) in the rapeseed oils under investigation.

## Wnioski

1. Węgiel aktywny poddany procesom modyfikacji powierzchni, zastosowany do oczyszczania zużytych rzepakowych olejów smażalniczych, wpłynął na polepszenie ich jakości poprzez adsorpcję produktów degradacji triacylogliceroli.
2. Adsorbent utleniony nadtlaniem wodoru najlepiej oczyszczał zużyty olej z produktów hydrolizy tłuszczów tj. wolnych kwasów tłuszczowych. Ponadto zredukował ilość produktów utleniania triacylogliceroli o blisko 50% i jednocześnie spowodował wzrost zawartości związków nienasyconych.
3. Węgiel aktywny utleniony rozcieńczonym kwasem azotowym (ARU) najefektywniej zmniejszył zawartość produktów utleniania w oleju po smażeniu frytek i burgerów rybnych.
4. Węgiel aktywny utleniony stężonym kwasem siarkowym (ARS) w mniejszym stopniu zredukował zawartość produktów utleniania oraz hydrolizy składników tłuszczu, ale jako jedyny spowodował istotny wzrost stosunku ilości kwasów nienasyconych do nasyconych o 7,2%.
5. Najistotniejsze zmiany składu kwasów tłuszczowych zachodziły w olejach oczyszczanych węglem utlenionym nadtlaniem wodoru oraz kwasem siarkowym.
6. Duża liczba tlenowych grup powierzchniowych wydaje się nie być jedynym czynnikiem odpowiedzialnym za wzrost efektywności usuwania produktów degradacji ze zużytych olejów. Potwierdzeniem tej obserwacji jest większa

- zdolność oczyszczania oleju węglem utlenionym nadtlakiem wodoru charakteryzującym się umiarkowaną zawartością grup tlenowych.
7. Dzięki adsorbowaniu szkodliwych związków polarnych w istotny sposób może być przedłużony czas eksploatacji olejów smażalniczych, a tym samym zmniejszona ilość wytwarzanych odpadów olejowych.
  8. Zastosowanie adsorbentów węglowych o zmodyfikowanej powierzchni, w procesach oczyszczania zużytych olejów smażalniczych, staje się bardziej ekologicznie uzasadnione aniżeli używanie adsorbentów mineralnych, ze względu na możliwość skutecznej utylizacji tych pierwszych.

### Literatura

- [1] Barton S. S., Ewans M. J. B., McDonald J. A.J.: The adsorption of water vapour by porous carbon. *Carbon*, 1991, **8**, 1099-1105.
- [2] Buczek B., Chwiałkowski W.: Purification of used frying oil by active carbon adsorption. *Proceedings of 7<sup>th</sup> ICom. Poznań 2002*, vol II, pp. 474-480.
- [3] Buczek B., Chwiałkowski W.: Raport z badań statutowych 2003. Akademia Ekonomiczna. Kraków 2003.
- [4] Buczek B., Chwiałkowski W.: Raport z badań statutowych 2004. Akademia Ekonomiczna. Kraków 2004.
- [5] Chwiałkowski W., Buczek B.: Regeneration of used edible oil using oxidized active carbon. *Materiały XLVI Zjazdu PTChem i SITPCh. Lublin 2003*, t III s.1012.
- [6] Daniewski M., Pawlicka M., Filipek A., Jacórzyński B., Mielniczuk E., Balas J., Domina P.: Kontrola jakości tłuszczu smażalniczego przy smażeniu frytek za pomocą testów. *Żyw. Człow. Metab.*, 2001, **XXVIII**, **2**, 132-139.
- [7] Dollimore D., Heal G.R.: An improved method for the calculation of pore size distribution from adsorption data. *J. Appl. Chem.*, 1964, **14**, 109-114.
- [8] Dubinin M.M.: Water vapour adsorption and the microporous structures of carbonaceous adsorbent. *Carbon*, 1980, **18**, 355-364.
- [9] Lasoń M., Żyła M.: Aparatura do wyznaczania izoterm sorpcji i desorpcji par metodą mikrobiuretek. *Chemia Analityczna*, 1963, **8**, 279-287.
- [10] Lin S., Akoh C.C., Reynolds A.E.: Recovery of used frying oils with adsorbent combinations: refrying and frequent oil replenishment. *Food Research Int.*, 2001, **34**, 159-166.
- [11] Lowell S., Shields J.E.: *Powder Surface Area and Porosity*. Chapman and Hall, London 1991.
- [12] Miyagi A., Nakajima M.: Regeneration of used frying oils using adsorption processing. *JAACS*, 2003, **80**, 91-96.
- [13] PN-EN ISO 5508:1996. Analiza estrów metylowych.
- [14] PN-ISO 3960:1996. Oznaczanie liczby nadtlakowej.
- [15] PN-ISO 5509:1996. Przygotowanie estrów metylowych.
- [16] PN-ISO 6320:1995. Oznaczanie liczby jodowej.
- [17] PN-ISO 660:1998. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.

**THE EFFECT OF MODIFYING A SURFACE OF ACTIVATED CARBON ON ITS CAPACITY TO PURIFY USED FRYING OILS****S u m m a r y**

The compounds of fresh vegetable oils usually show a non-polar character. While frying, the compounds showing a polar character are produced, and they decrease the quality and healthful properties of a given frying oil. In order to improve the quality of frying oil, it can be purified using adsorbents of various kinds. Consequently, investigations have been launched to study the technique of adsorptive purification of rapeseed oil used to fry food products. This purification technique involved activated carbons with modified surfaces.

The activated carbon is characterised by a low content of functional groups of a polar character. Thus, it is necessary to modify its surface for the purpose of increasing the efficiency of the impact exerted by the activated carbon. The modification procedure consists in increasing the number of functional groups of a polar character. Owing to this modification, it is possible to produce an adsorbent that may be useful in removing polar compounds contained in the used frying oil.

Activated carbons having modified surfaces were developed; the modification of their surfaces was performed by oxidizing initial carbons with a nitric acid solution, a hydrogen peroxide solution, and a sulphur acid. After the carbon surface modification process accomplished, the activated carbons with modified surfaces significantly improved the quality of oils applied to fry food products. The best effect of adsorbing free fatty acids was noted in the case of activated carbon oxidized using a hydrogen peroxide (ARP). The highest decrease in the content of triacylglycerol oxidation products was reported when the activated carbon oxidized by a dissolved nitric acid was applied. And the activated carbon oxidized by a concentrated sulphur acid caused an essential increase in the ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids.

**Key words:** used frying oils, adsorptive purification, and nature of activated carbon surface ☒



WALDEMAR GUSTAW, BARTOSZ SOŁOWIEJ, STANISŁAW MLEKO

## **OTRZYMYWANIE DESERÓW MLECZNYCH Z BIAŁEK SERWATKOWYCH Z DODATKIEM SKROBI I KARAGENU**

### **Streszczenie**

Desery mleczne są produktami o żelowej lub półpłynnej teksturze. Pożądaną teksturę i dobrą stabilność deserów można uzyskać m.in. przez dodatek zagęstników do mleka lub zastosowanie odpowiednio zestawionych mieszanin surowców.

Celem pracy było otrzymanie deserów mlecznych z: izolatu białek serwatkowych (whey protein isolate – WPI), koncentratu białek serwatkowych (whey protein concentrate – WPC), odtłuszczonego mleka w proszku (OMP) oraz różnych rodzajów skrobi i karagenu. Badano zmiany lepkości, teksturę i synerżę w zależności od składu deserów. Najwyższą lepkością i niską synerżę charakteryzowały się desery sporządzone z WPI, karagenu i modyfikowanej skrobi z kukurydzy woskowej, w porównaniu z deserami wytworzonymi z OMP i WPC. Zastąpienie sacharozy aspartamem wyraźnie polepszyło właściwości reologiczne deserów z WPI.

**Słowa kluczowe:** reologia, desery mleczne, tekstura, hydrokoloidy

### **Wprowadzenie**

Desery mleczne są produktami o żelowej lub półpłynnej teksturze, wytwarzanymi z nieukwaszonego lub ukwaszonego mleka z dodatkiem sacharozy, barwników i substancji zapachowych. Odpowiednią teksturę i dobrą stabilność deserów uzyskuje się przez dodatek różnych zagęstników, takich jak: żelatyna, karageny, pektyny, mączka chleba świętojańskiego i różne rodzaje skrobi [6]. Pożądaną teksturę deserów mlecznych można również otrzymać poprzez zastosowanie odpowiednio zestawionych mieszanin, jak np. karagenu z mączką chleba świętojańskiego, karagenu ze skrobią lub karagenu z białkami mleka.

Od dawna znane są synergistyczne interakcje występujące pomiędzy karagenem i kazeiną [11]. Sugerowano że specyficzne interakcje pomiędzy polisacharydem a micelami kazeiny spowodowane są elektrostatycznym przyciąganiem występującym pomiędzy łańcuchami karagenu a  $\kappa$ -kazeiną. Drohan i wsp. [3] wykryli natomiast, że w obecności białek mleka, żelowanie występowało przy relatywnie niskich stężeniach

---

*Dr inż. W. Gustaw, mgr inż. B. Sołowiej, prof. dr hab. S. Mleko, Katedra Przemysłu Rolno Spożywczego i Przechowywania. Wydz. Rolniczy, Akademia Rolnicza, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin  
e-mail: waldemar.gustaw@ar.lublin.pl*

karagenu i w temperaturze poniżej temperatury przejścia ze stanu uporządkowanego w nieuporządkowany. W takich warunkach, gęstość ujemnych ładunków na micelach kazeiny wzrastała wraz ze wzrostem stężenia karagenu, a cząsteczki polisacharydu absorbowały się na micelach białka [2]. Natomiast w temperaturze powyżej stanu przejścia karagenu występowała faza separacji pomiędzy ι-karagenem a kazeiną, w układach o stężeniu karagenu powyżej 0,2% [5].

W ostatnich latach podjęto próby stworzenia deserów mlecznych, w których mleko zastąpiono preparatami białek serwatkowych [4, 6, 8, 9]. Mleko i wsp. [10] wykazali, że do wystąpienia synergistycznych interakcji pomiędzy karagenem a białkami serwatkowymi niezbędne było ogrzanie układu, co nie było konieczne w przypadku mieszanin tego hydrokoloidu z kazeiną. Zmiana właściwości roztworów i żeli białek serwatkowych po dodaniu karagenu spowodowana była prawdopodobnie wystąpieniem fazy separacji pomiędzy biopolimerami, co potwierdzają badania wykonane przez Syrbe [12]. Autor wykazał, że w układach białek serwatkowych i anionowych polisacharydów faza separacji wystąpiła dopiero po ogrzaniu układu lub poddaniu go działaniu wysokich ciśnień.

Celem pracy było wytworzenie deserów z białek serwatkowych z udziałem różnych rodzajów skrobi oraz otrzymanie deseru o najkorzystniejszych właściwościach reologicznych.

### **Materiał i metody badań**

Do badań użyto następujących surowców: izolat białek serwatkowych (whey protein isolate - WPI) o zawartości białka 93,6% (DAVISCO Food Ingredients International; Le Sueur, MN, USA); koncentrat białek serwatkowych (whey protein concentrate - WPC) o zawartości białka 71,3%, (PPHW „Laktopol” sp. z o.o. Warszawa); odtłuszczone mleko w proszku (OMP) o zawartości białka 34,71%, (Spółdzielnia Mleczarska w Gostyniu); κ-karagen (Sigma, USA); aspartam (Hortimex, Konin); sacharoza spożywcza i różnego typu skrobie: kukurydziana woskowa modyfikowana Clearjel SD, E-1422 (MKW), (National Starch & Chemical GmbH, Niemcy), kukurydziana woskowa natywna (NKW), (CLPZ Poznań), ziemniaczana natywna (NZ), (Roquette, Francja), ziemniaczana modyfikowana E-1412 (MZ), (WPPZ Luboń).

Zawartość białka w preparatach serwatkowych i mleku w proszku oznaczano poprzez określenie zawartości azotu metodą Kjeldahla ( $N \times 6,38$ ) [1].

Desery przygotowywano poprzez zmieszanie 3-procentowych roztworów białka, sporządzonych w 0,1 M NaCl z sacharozą w ilości 10% (w stosunku do całej objętości próbki) lub aspartamem w ilości 0,05%, skrobią i κ-karagenem. Karagen stosowano w ilościach 0,1; 0,2 i 0,3%; natomiast skrobię dodawano w ilości 1, 2 i 3%. Układy podgrzewano do temp. 85°C i przetrzymywano w tej temp. przez 10 min, a następnie chłodzono do temp. ok. 20°C, oznaczając ich lepkość za pomocą wiskozymetru Brookfielda DV-II+ w układzie cylindrów współosiowych przy prędkości 20 obr./min. Wyniki rejestrowano w programie Win Gather VI.

Konsystencję deserów z udziałem białek serwatkowych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, Wielka Brytania), za pomocą ekstruzji wstecznej, oprzyrządowaniem firmy Stable Micro Systems (back extrusion ring) przy średnicy pojemnika wynoszącej 50 mm i średnicy głowicy 45 mm. Prędkość przesuwu głowicy 1 mm/s.

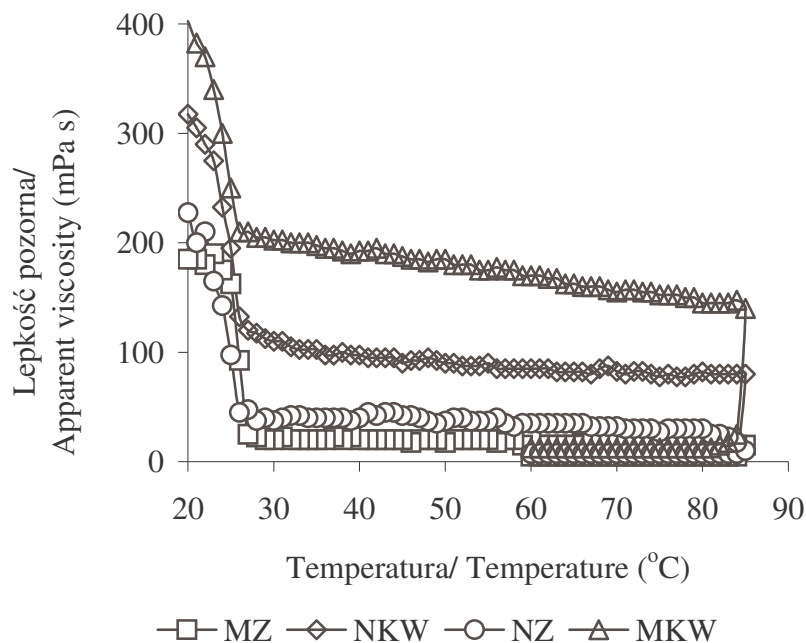
Synerezę oznaczano w deserach przechowywanych przez ok. 20 h w temp. ok. 4°C. Próbkę deseru (10 g) wirowano przez 10 min przy 540 obr./min. Wydzieloną ciecz ważono i wyrażano w [%] (m/m) w stosunku do masy próbki.

### Wyniki i dyskusja

Pierwszy etap badań dotyczył wybrania jednej ze skrobi, której dodatek do deserów sporządzonych z udziałem WPC powodował najwyższy wzrost ich lepkości. Ogrzewanie deserów w zakresie temp. 60–85°C nie wpływało na zmianę lepkości (rys. 1), dopiero przetrzymanie deserów w temp. ok. 85°C zwiększało jej wartość. Spowodowane to było żelowaniem białek serwatkowych, przy czym w stosunku do deserów sporządzonych ze skrobiami kukurydzianymi MKW i NKW wzrost lepkości w temp. 85°C był wyraźnie wyższy w porównaniu z deserami zawierającymi skrobie ziemniaczane. Podczas chłodzenia deserów z WPC w zakresie temp. 85–27°C obserwowano powolny wzrost ich lepkości, natomiast dalsze chłodzenie do temp. 26–24°C powodowało wyraźny wzrost lepkości deserów. Wyższa lepkość deserów w zakresie temp. 30–85°C spowodowana była żelowaniem skrobi, co potwierdzają wcześniejsze badania Mleko [7], który również stwierdził wzrost lepkości deserów WPI w tym przedziale temperatury. Natomiast wzrost lepkości w temp. poniżej 30°C wywołany był żelowaniem karagenu. We wcześniejszych badaniach deserów mlecznych, sporządzonych z wykorzystaniem białek serwatkowych i karagenu, również zaobserwowano wyraźny wzrost lepkości w temp. poniżej 40°C [6, 7]. Najwyższą lepkością w temp. 20°C charakteryzował się deser sporządzony z dodatkiem skrobi modyfikowanej MKW (rys. 1).

W kolejnym etapie badań porównano desery mleczne sporządzone z wykorzystaniem WPC, WPI i OMP (rys. 2). Zdecydowanie najwyższą lepkością charakteryzował się deser sporządzony z zastosowaniem WPI, natomiast deser sporządzony z OMP miał wyższą lepkość niż deser z WPC. Mleko [6], badając desery sporządzone z odtłuszczonego mleka w proszku i WPI zauważył, że żele z udziałem WPI są dużo silniejsze i bardziej elastyczne w porównaniu z żelami kazeinowymi. Przebieg krzywych zmiany lepkości, we wszystkich badanych deserach, wraz ze zmianą temperatury jest podobny w zakresie temp. 60–85°C. Podczas ogrzewania w temp. 85°C żelowały białka serwatkowe, co spowodowało wzrost lepkości deserów WPC i WPI, natomiast lepkość deserów z OMP nie ulegała widocznej zmianie. Również podczas chłodzenia widoczne są różnice w lepkości pomiędzy deserami z białek serwatkowych i OMP. O ile w deserach z WPI i WPC karagen żelował w temp. poniżej 30°C, to w przypadku deseru z OMP wyraźny wzrost lepkości występował w temp. ok. 40°C. We wcześniejszych badaniach interakcji pomiędzy białkami mleka a  $\kappa$ -karagenem

stwierdzono, że obecność kazeiny powodowała przesunięcie temperatury żelowania karagenu do około 38°C [3].

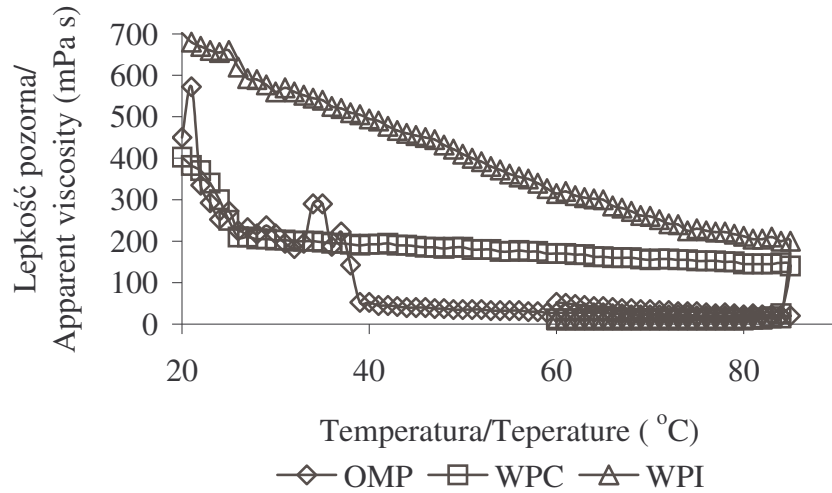


Rys. 1. Wpływ dodatku różnych rodzajów skrobi na lepkość pozorną deserów sporządzonych z 3% WPC, z dodatkiem 0,2% karagenu i 2% skrobi.

Fig. 1. Effect of the addition of different kinds of starch on the apparent viscosity of desserts made of 3% WPC with added 0.2% carrageenan and 2% starch.

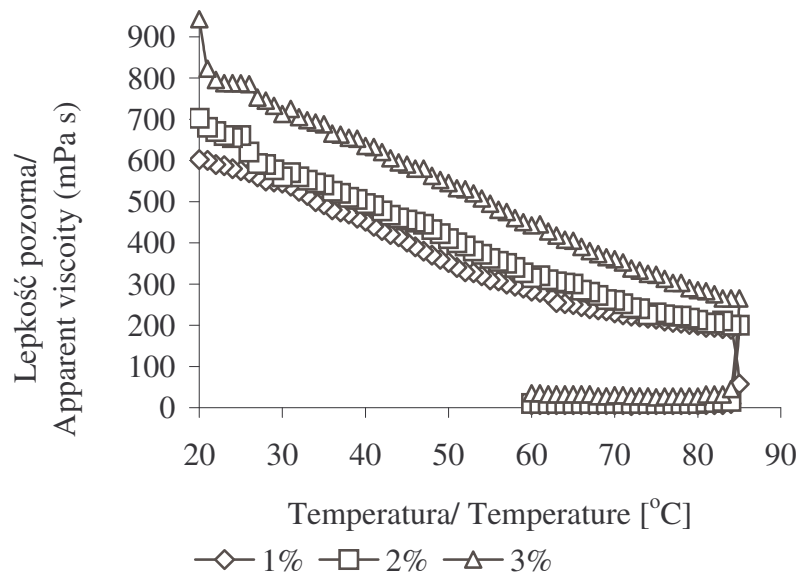
Przebadano również wpływ stężenia MKW na lepkość deserów sporządzonych z WPI, 10% cukru i 0,2% dodatkiem karagenu (rys. 3). Zaobserwowano wzrost lepkości deserów wraz ze wzrostem zawartości skrobi od 1 do 3%, przy czym wyraźne różnice w przebiegu krzywych dotyczących zmian lepkości widoczne były dopiero przy 3-procentowym stężeniu skrobi. Duże stężenie skrobi (3%) poprawiło również konsystencję deserów WPI, która w porównaniu z deserami zawierającymi 2% skrobi była bardziej jednolita (rys. 4).

Zwiększenie stężenia karagenu wpływało na wzrost lepkości badanych deserów WPI (rys. 5). Największą lepkością charakteryzował się deser z 0,3% dodatkiem karagenu. Wyższe stężenie karagenu wyraźnie wpływało na wzrost twardości badanych deserów, lecz równocześnie powodowało zmianę ich konsystencji na bardziej niejednorodną (rys. 6).



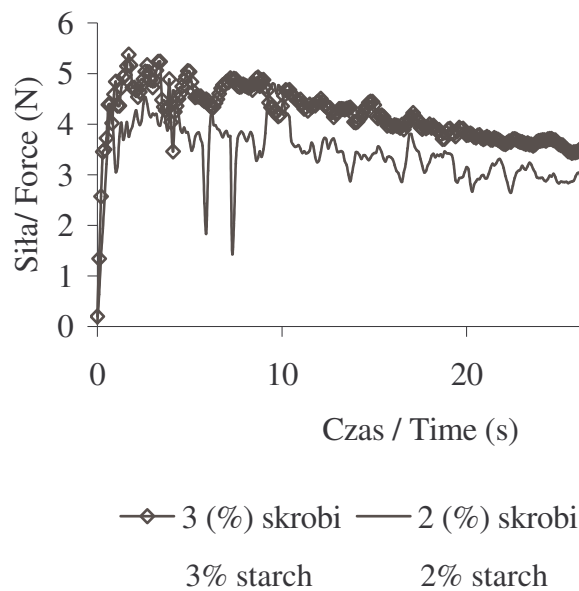
Rys. 2. Wpływ rodzaju zastosowanego białka na lepkość pozorną deserów z dodatkiem 0,2% karagenu i 2% skrobi MKW.

Fig. 2. Effect of the kind of protein used on the apparent viscosity of desserts with added 0.2% carrageenan and 2% MKW starch.

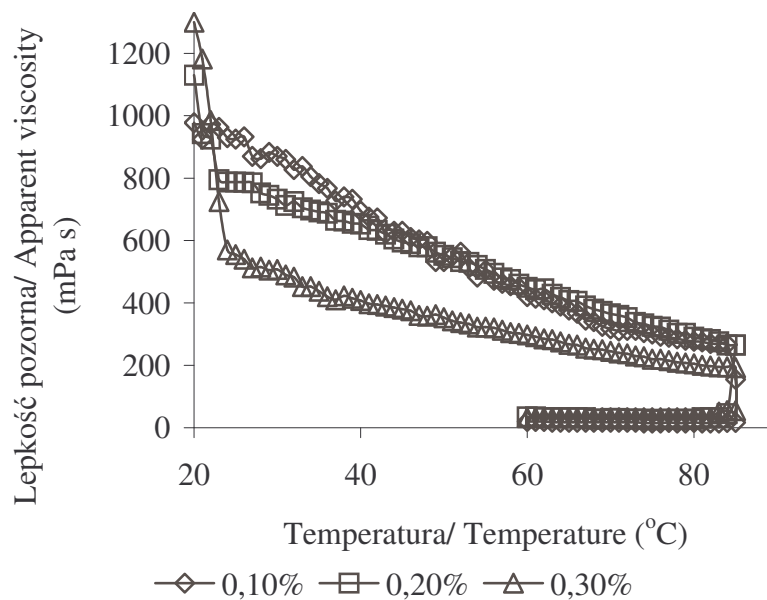


Rys. 3. Wpływ stężenia skrobi MKW na lepkość pozorną deserów sporządzonych z 3% WPI i 0,2% karagenu.

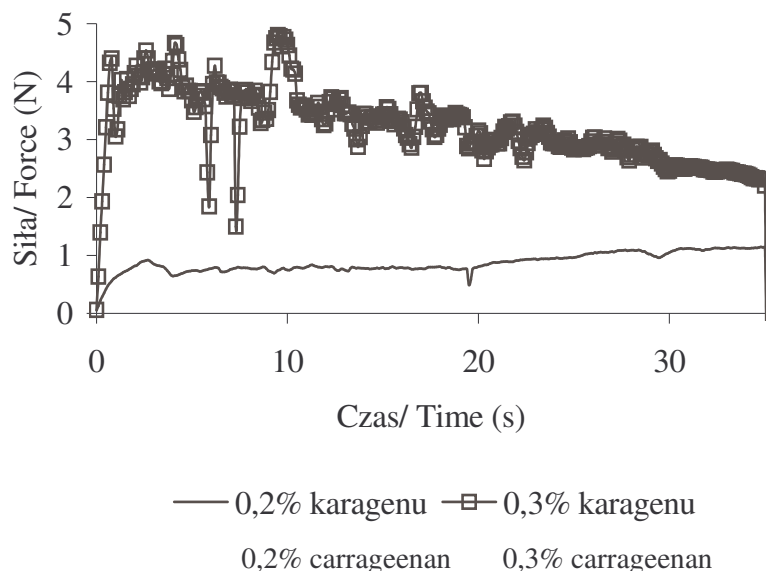
Fig. 3. Effect of the MKW starch concentration on the apparent viscosity of desserts prepared of 3% WPI and 0.2% carrageenan.



Rys. 4. Wpływ stężenia skrobi MKW na teksturę deserów WPI.  
Fig. 4. Effect of the MKW starch concentration on the texture of WPI desserts.



Rys. 5. Wpływ stężenia karagenu na zmiany lepkości pozornej deserów WPI.  
Fig. 5. Effect of the carrageenan concentration on changes in apparent viscosity of WPI desserts.



Rys. 6. Wpływ stężenia karagenu na teksturę deserów WPI.

Fig. 6. Effect of the carrageenan concentration on the texture of WPI desserts.

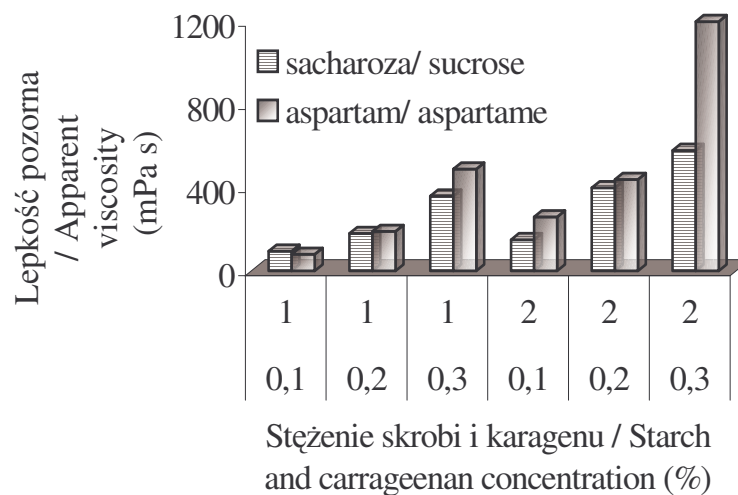
Na rys. 7. przedstawiono wyniki pomiaru lepkości deserów słodzonych sacharozą lub aspartamem. Obecność sacharozy zmniejszała lepkość badanych deserów zarówno przy wzroście zawartości skrobi, jak i zwiększeniu stężenia karagenu. Wcześniejsze badania Mleko i Gustawa [8] wykazały również, że obecność sacharozy pogarszała teksturę deserów otrzymanych ze spolimeryzowanych białek serwatkowych w porównaniu z deserami otrzymanymi z wykorzystaniem aspartamu.

Najniższą synerezą charakteryzowały się desery WPI, natomiast najwyższa synereza cechowała desery WPC (tab. 1). Wzrost zawartości skrobi istotnie wpływał na zmniejszenie wielkości synerezy we wszystkich badanych układach.

Wśród badanych deserów wytwarzanych z wykorzystaniem różnych preparatów białkowych, najlepszymi właściwościami charakteryzowały się desery WPI. Potwierdza to istnienie dodatkowych oddziaływań pomiędzy białkami serwatkowymi a karagenem [10]. Dużo mniejsze lepkości deserów wytwarzanych z WPC wynikały prawdopodobnie z obecności w koncentracji większych stężeń soli mineralnych, tłuszczu i laktozy, które mogą negatywnie wpływać na żelowanie białek serwatkowych [7]. Dlatego desery te miały mniej korzystne właściwości w porównaniu z deserami otrzymanymi z odtłuszczonego mleka w proszku, w których występowało żelowanie, wywołane interakcjami pomiędzy kazeiną a karagenem.

Zastąpienie sacharozy aspartamem, jak również wykorzystanie skrobi modyfikowanych zamiast natywnych, zdecydowanie polepszyło właściwości reologiczne deserów WPI. Stwarza to duże możliwości wykorzystania białek serwatkowych do produkcji niskokalorycznych deserów o odpowiedniej teksturze.





Rys. 7. Wpływ poszczególnych składników deseru na lepkość w temperaturze 20°C.

Fig. 7. Effect of individual components of each dessert on the viscosity at 20°C.

Tabela 1

Wielkość synerезy deserów mlecznych determinowana ich składem.

The effect of syneresis each dessert component on syneresis.

Białka mleka Milk proteins	Skrobia Starch [%]	Karagen Carrageenan [%]	Synerезa Syneresis [%]
Koncentrat białek serwatkowych Whey protein concentrate	1,0	0,2	0,18
	2,0	0,2	0,13
	3,0	0,2	0,1
Izolat białek serwatkowych Whey protein isolate	1,0	0,2	0,03
	2,0	0,2	0,001
	3,0	0,2	0,0
Odtłuszczone mleko w proszku Skimmed milk powder	1,0	0,2	0,02
	2,0	0,2	0,004
	3,0	0,2	0,003

## Wnioski

1. Wśród ocenianych rodzajów skrobi, dodatek modyfikowanej skrobi z kukurydzy woskowej pozwalał otrzymać desery z udziałem białek serwatkowych o najwyższej lepkości i odpowiedniej teksturze.
2. Desery uzyskane z izolatu białek serwatkowych (WPI) charakteryzowały się większą lepkością w porównaniu z deserami z odtłuszczonego mleka w proszku (OMP) i koncentratu białek serwatkowych (WPC).

3. Zastosowanie aspartamu zamiast sacharozy polepszyło właściwości reologiczne deserów z udziałem WPI.
4. Desery sporządzone z wykorzystaniem WPI charakteryzowały się najniższą synerезą w porównaniu z deserami z OMP i WPC.

### Literatura

- [1] AOCA.: Method of Analysis Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C., 1983.
- [2] Dalgleish D., Morris E.: Interaction between carrageenans and casein micelles: electrophoretic and hydrodynamic properties of particles. *Food Hydrocoll.*, 1988, **2**, 311-320.
- [3] Dhoran D., Tziboula A., McNulty D., Horne D.: Milk protein – carrageenan interactions. *Food Hydrocoll.*, 1997, **11**, 101-107.
- [4] El-Garawany G.A., Abd El Salam, M.H.: Preparation and rheological properties of a dairy dessert based on whey protein/potato starch. *Food Chem.* 2005, **91**, 261-267.
- [5] Langendorff V., Cuvelier G., Launay B., Parker A.: Gelation and flocculation of casein micelle/carrageenan mixtures. *Food Hydrocoll.*, 1997, **11**, 35-40.
- [6] Mleko S.: Rheological properties of milk and whey protein desserts. *Milchwissenschaft*, 1997, **52** (5), 262-265.
- [7] Mleko S., Żelowanie modelowych układów  $\kappa$ -karagenan/skrobia w mleku oraz roztworze koncentratu białek serwatkowych. *Żywność. Nauka. Technologia*, 1999, **3** (20), 48-54.
- [8] Mleko S., Gustaw W.: Model whey protein polymer dessert. *Milchwissenschaft*, 2000, **55** (3), 149-151.
- [9] Mleko S., Gustaw W.: Rheological changes due to substitution of total milk proteins by whey proteins in dairy desserts. *J. Food Sci. Technol.*, 2002, **39** (2), 170-172.
- [10] Mleko S., Li-Chan E., Pikus S.: Interactions of  $\kappa$ -carrageenan with whey protein in gels formed at different pH. *Food Res. Inter.*, 1997, **30**, 427-433.
- [11] Snoeren T., Payens T., Jeunink J., Both P.: Electrostatic interaction between  $\kappa$ -carrageenan and  $\kappa$ -casein. *Milchwissenschaft*, 1975, **30**, 393-396.
- [12] Syrbe A.: Polymer incompatibility in aqueous whey protein and polysaccharide solutions: phase separation phenomena and microgel particle formation. PhD thesis. Munich: Munich Technical University 1997.

### MAKING MILK DESSERTS OF WHEY PROTEINS WITH STARCH AND CARRAGEENAN ADDED

#### S u m m a r y

Milk desserts are products showing a gel or a semi-liquid texture. A necessary texture and good stability of such desserts can be provided by adding, among other things, thickeners to milk or by applying mixtures of suitably composed raw materials.

The objective of the study was to make milk desserts of: whey protein isolate (WPI), whey protein concentrate (WPC), skimmed milk powder (SMP), and different kinds of starch and carrageenan. Changes in apparent viscosity, texture, and syneresis were analyzed depending on the composition of desserts. Desserts made of WPI, carrageenan, and a modified starch of wax maize had the highest apparent viscosity and a low syneresis compared with the desserts prepared of SMP and WPC. When sucrose was replaced by aspartame, the rheological properties of WPI desserts were evidently improved.

**Key words:** rheology, milk dessert, texture, hydrocolloids ☒

HANNA KOWALSKA

## **WPLYW WITAMINY C NA PRZEBIEG ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO JABŁEK**

### **Streszczenie**

Zastosowanie łagodnych parametrów odwadniania osmotycznego może być wykorzystane w technologii wytwarzania produktów o małym stopniu przetworzenia. Obecnie wzrasta zainteresowanie tzw. żywnością minimalnie przetworzoną, charakteryzującą się zachowaniem naturalnych walorów surowca pod względem właściwości odżywczych i cech sensorycznych. Budowa tkankowa jabłek o właściwościach półprzepuszczalnych umożliwia zmniejszenie zawartości wody w wyniku odwadniania osmotycznego oraz wprowadzenie substancji dodatkowych zawartych w roztworze immersyjnym.

W pracy analizowano zmiany zawartości wody, suchej substancji oraz witaminy C w jabłkach odwadnianych osmotycznie. Próbki w kształcie kostek o boku 10 mm przetrzymywano w roztworach sacharozy i koncentratu soku jabłkowego z 2-procentowym dodatkiem witaminy C. Stężenia roztworów odpowiadały aktywności wody 0,9. Temperaturę zmieniano w zakresie od 20 do 40°C. Jabłka odwadniano osmotycznie w czasie od 0 do 180 min.

Odwadnianie jabłek w roztworze koncentratu soku jabłkowego i sacharozy w obecności witaminy C nie wpłynęło istotnie na zawartość i ubytki wody w jabłkach w porównaniu z procesem odwadniania bez jej udziału. Natomiast przyrost suchej masy podczas odwadniania jabłek w obecności witaminy C został zwiększony o około 50% przy zastosowaniu koncentratu soku jabłkowego i o około 30% w roztworze sacharozy. Obecność witaminy C wpłynęła na szybkość usuwania wody z jabłek. W temp. 40°C szybkość ta była około 2-krotnie większa w porównaniu z odwadnianiem bez udziału witaminy C. Zawartość witaminy C w jabłkach uzależniona była od temperatury procesu, szczególnie przy zastosowaniu roztworu koncentratu jabłkowego. Z podwyższaniem temp. w zakresie 20–40°C zwiększeniu ulegała zawartość witaminy C w badanym materiale. Obecność witaminy C w roztworze osmotycznym spowodowała zwiększenie umownego współczynnika dyfuzji wody oraz bardziej intensywne przenikanie substancji osmotycznej do jabłek podczas odwadniania osmotycznego.

**Słowa kluczowe:** odwadnianie osmotyczne, wymiana masy, glukoza, sacharoza, syrop skrobiowy, witamina C

### **Wprowadzenie**

Prowadzone w wielu krajach badania żywieniowe wykazały, że wzrost uprzemysłowienia i dobrobytu populacji przyczynił się w części do zmniejszenia

spożycia niektórych składników odżywczych w odniesieniu do zalecanych norm żywienia. Żywność wysoko przetworzona, którą łatwo jest przyrządzić, często pozbawiona jest wielu cennych składników odżywczych. Koniecznością staje się uzupełnianie diety o brakujące lub występujące w niedostatecznej ilości witaminy, składniki mineralne, błonnik pokarmowy, nienasycone kwasy tłuszczowe i inne składniki [6]. Sposobem zachowania cennych walorów odżywczych surowca, jak również cech sensorycznych czy teksturalnych jest technologia minimalnego przetwarzania [2, 3, 12].

Jednym ze sposobów otrzymywania tego rodzaju produktów jest technologia opracowana z zastosowaniem odwadniania osmotycznego. Charakterystyczna w surowcach roślinnych tkanka złożona z komórek otoczonych błoną komórkową, utrudnia wnikanie pewnych związków i umożliwia przenikanie innych np. wody, soku komórkowego, cukrów, witamin, soli mineralnych i innych [5]. Częściowemu zmniejszeniu zawartości wody, np. w owocach czy warzywach, a zarazem częściowemu utrwaleniu żywności może towarzyszyć wprowadzanie innych składników. Łagodne warunki odwadniania osmotycznego w minimalnym stopniu zmieniają właściwości produktu i jego skład chemiczny. Jednocześnie wnikanie do tych produktów dodatkowych substancji odżywczych ma na celu m. in. wyrównanie strat substancji podczas procesu przetwórczego, dodawanie do produktów alternatywnych składników występujących w zastępowanej żywności, wzbogacanie produktu w składnik, który występuje w racji pokarmowej w małych ilościach lub produkcję żywności specjalnego przeznaczenia. Tym samym zwiększa się konsumencyjną atrakcyjność tych produktów [1, 7, 8, 9, 10, 11].

Odwadnianie produktów z równoczesnym wprowadzaniem składników odżywczych, np. witaminy C lub wapnia wpływa na poprawę tekstury i właściwości sensorycznych owoców i warzyw. Z tego względu odwadnianiu osmotycznemu poświęca się coraz więcej uwagi [2, 4, 5, 8]. Wprowadzenie witaminy C do jabłek podczas odwadniania osmotycznego staje się szansą otrzymania produktu o cechach funkcjonalnych [2, 13].

Celem pracy była analiza zmian zawartości: wody, przyrostu suchej masy i witaminy C w jabłkach podczas odwadniania osmotycznego przy zastosowaniu różnych parametrów procesu.

### **Materiał i metody badań**

Materiałem badawczym były jabłka odmiany Idared, pokrojone w kształcie kostek o boku 10 mm. Odwadnianie osmotyczne prowadzono w 61,5-procentowym roztworze sacharozy lub 50-procentowym roztworze koncentratu soku jabłkowego w stężeniach odpowiadających aktywności wody 0,9. Średni skład koncentratu jabłkowego był następujący: sacharoza 13 g/l, glukoza 26 g/l, fruktoza 62-65 g/l, sorbitol 3,5 g/l. Temp. procesu zmieniana była w zakresie 20-40°C. Odwadniano w warunkach dynamicznych poprzez wprawienie naczyń ekstrakcyjnych w ruch

drzający. Stężenie witaminy C (kwas askorbinowy) w roztworze osmotycznym wynosiło 2%.

Zawartość witaminy C oznaczano według normy PN-90/A-75101/11 dotyczącej przygotowania próbek i metod badań fizykochemicznych. Oznaczano zawartość witaminy C w formie kwasu L-askorbinowego oraz sumy kwasu askorbinowego i dehydroaskorbinowego za pomocą miareczkowania 2,6-dichloroindofenolem w środowisku kwaśnym.

Oznaczanie zawartości suchej masy wykonano metodą wagową według PN-90/A-75101.03. Wyniki przedstawiono jako średnią z trzech powtórzeń.

Do opisu procesów technologicznych zastosowano następujące wielkości i równania matematyczne:

- zmiany zawartości wody  $u$ , [g H<sub>2</sub>O/g s.m.]:

$$u = A + B \cdot \exp^{-t/k} \quad [1]$$

- ubytki wody  $\Delta u$ , [g H<sub>2</sub>O/g p. s.m.]:

$$\Delta s = A \cdot (1 - \exp^{-t/k}) \quad [2]$$

- przyrost suchej masy  $\Delta s$ , [g/g p. s.m.]:

$$\Delta s = A \cdot (1 - \exp^{-t/k}) \quad [3]$$

gdzie:  $t$  – czas odwadniania, [min]

$A, B, k$  – stałe procesu

- szybkość usuwania wody,  $du/dt$ , [g H<sub>2</sub>O/(g p. s.m.·min)] oraz
- szybkość wnikania substancji osmotycznej,  $ds/dt$ , [g/(g p. s.m.·min)]:

$$\frac{du(ds)}{dt} = B \cdot k \cdot \exp^{-t/k} \quad [4]$$

- przyrost zawartości witaminy C w jabłkach,  $\Delta C$  [mg/100 g].

Umowny współczynnik dyfuzji [m<sup>2</sup>/s] wody  $D_w$ , substancji osmotycznej  $D_s$  i witaminy C  $D_c$  wyznaczono na podstawie I i II prawa Ficka:

$$N = D \frac{dc}{dx} \quad [5]$$

gdzie:  $D$  – umowny współczynnik dyfuzji  $D_w, D_s, D_c$  [m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>],

$N$  – strumień masy [kg·s<sup>-1</sup>],

$c$  – stężenie substancji dyfundującej [kg·m<sup>-3</sup>],

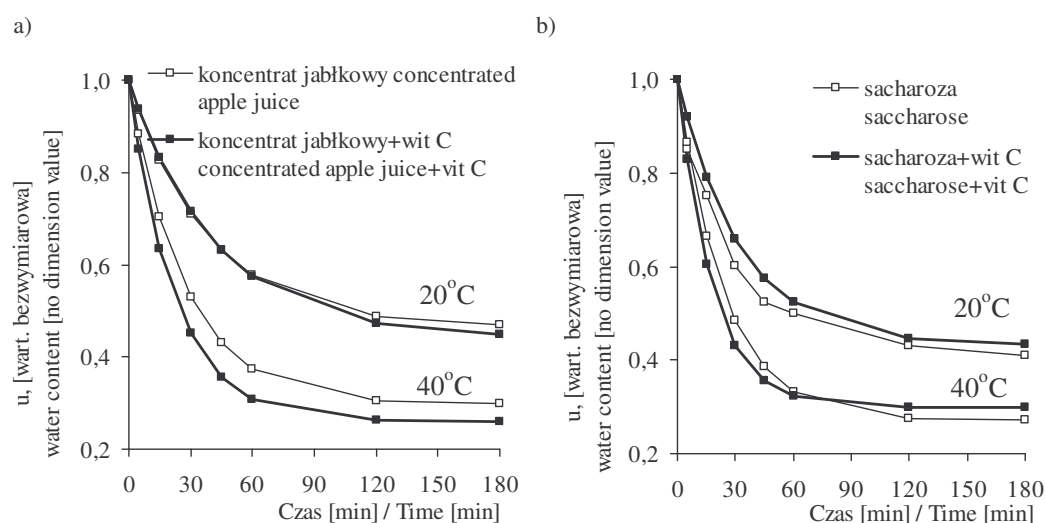
$x$  – droga dyfuzji [m],

Wyniki opracowano statystycznie stosując wieloczynnikową analizę wariancji (Multifactor ANOVA) i weryfikację hipotez przy zastosowaniu testu istotności za pomocą programu Statgraphics.

## Wyniki i dyskusja

Współczynniki korelacji równań [1] i [2] dotyczących zmian zawartości i ubytku wody oraz przyrostu suchej masy zawierały się w zakresie od 0,9306 do 0,9890. W jabłkach odwadnianych w roztworze koncentratu soku jabłkowego z witaminą C w

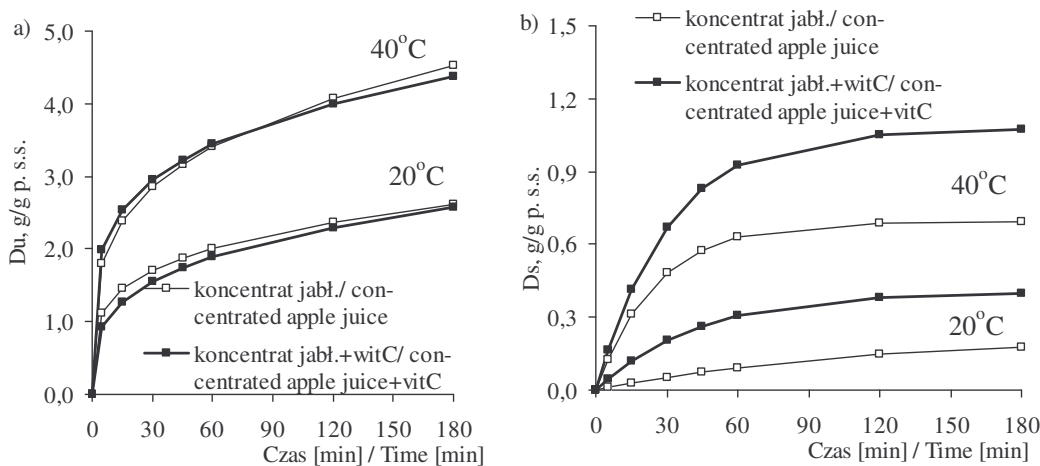
zakresie temp. 20–40°C nastąpiło nieznacznie większe, do około 15%, zmniejszenie bezwymiarowej zawartości wody w porównaniu z odwadnianiem bez witaminy C (rys. 1a). Mniejsze znaczenie obecności witaminy C w przebiegu zmian zawartości wody w odwadnianych jabłkach zaobserwowano przy zastosowaniu roztworu sacharozy (rys. 1b). Jednocześnie ubytki wody z badanych jabłek nie różniły się statystycznie istotnie (rys. 2a).



Rys. 1. Wpływ temperatury i witaminy C na zawartość wody [u] w jabłkach odwadnianych osmotycznie w roztworach: a) koncentratu jabłkowego, b) sacharozy.

Rys. 1. The effect of temperature and vitamin C on water content [u] in the osmotically dehydrated apples, in the solutions of: a) concentrated apple juice; b) saccharose.

Zaobserwowano statystycznie istotny wpływ witaminy C na przyrost suchej masy w jabłkach w obu roztworach osmotycznych (rys. 2b). Podczas odwadniania jabłek z udziałem witaminy C przyrost suchej masy został zwiększony o około 50% przy zastosowaniu koncentratu soku jabłkowego i o ok. 30% w roztworze sacharozy w porównaniu z odwadnianiem prowadzonym bez udziału witaminy C. Największy przyrost suchej masy, wskutek wniknięcia do jabłek składników roztworu osmotycznego, odnotowano w okresie do 45 min. Z tego powodu odwadnianie osmotyczne wydaje się być korzystne przy wykorzystaniu w technologii produkcji żywności minimalnie przetworzonej, ponieważ krótki czas odwadniania w obecności innych substancji odżywczych może mieć pozytywny wpływ na jakość produktu końcowego [6].



Rys. 2. Wpływ temperatury i witaminy C na: a) ubytki wody [ $\Delta u$ ] b) przyrost suchej masy [ $\Delta s$ ] w jabłkach odwadnianych osmotycznie.

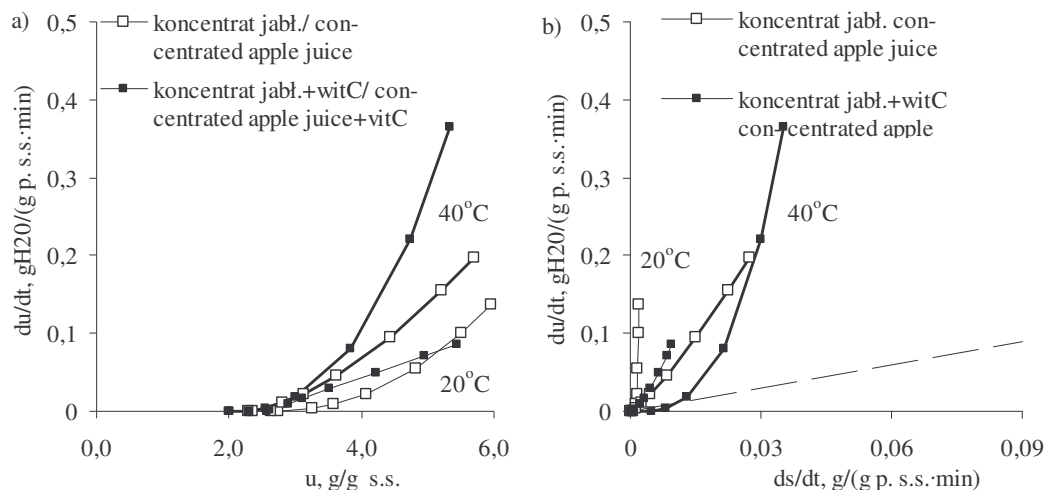
Fig. 2. The effect of temperature and vitamin C on: a) the water loss [ $\Delta u$ ]; b) the gain in dry matter [ $\Delta s$ ], in the osmotically dehydrated apples.

Szybkość usuwania wody w funkcji zawartości wody z jabłek odwadnianych w roztworze koncentratu jabłkowego, jak i sacharozy w obecności witaminy C była około 2-krotnie większa w temp. 40°C w porównaniu z odwadnianiem bez udziału witaminy C (rys. 3a). W niższej temperaturze szybkości te były zbliżone. Szybkość usuwania wody w funkcji szybkości wnikania suchej substancji z jabłek odwadnianych w obu roztworach osmotycznych w obecności witaminy C była również większa, w temp. 20°C o około 40%, a w temp. 40°C około 2-krotnie większa, ale tylko na początku procesu (rys. 3 b).

Na podstawie szybkości usuwania wody i szybkości wnikania substancji osmotycznej do jabłek odwadnianych w roztworze koncentratu jabłkowego i sacharozy w zakresie temp. 20–40°C można stwierdzić, że szybkość usuwania wody była średnio około 10–20-krotnie większa od szybkości wnikania suchej substancji. Jednocześnie podwyższenie temperatury spowodowało zwiększenie intensywności procesu, szczególnie w przypadku wnikania substancji osmotycznej.

Zawartość witaminy C w odwadnianych jabłkach zależała statystycznie istotnie od temperatury procesu (rys. 4). Była tym większa, im wyższa była temperatura procesu i osiągnęła wartości od około 470 (20°C) do 710 mg/100 g produktu (40°C) podczas odwadniania w koncentracie soku jabłkowego w ciągu 3 godz. oraz od 570 do 660 mg/100 g w tym samym zakresie temperatury przy zastosowaniu roztworu sacharozy. Umowny współczynnik dyfuzji witaminy C  $D_c$  (rys. 5 a) w zakresie temp. 30–40°C był o około 30% większy w jabłkach odwadnianych w roztworze koncentratu jabłkowego w porównaniu z roztworem sacharozy.



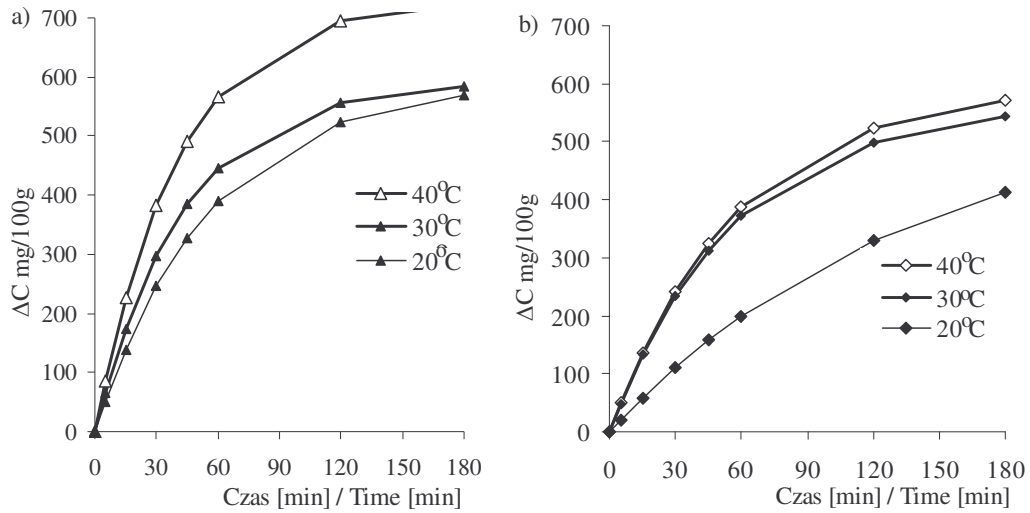


Rys. 3. Wpływ witaminy C na szybkość usuwania wody [ $du/dt$ ] z jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze koncentratu jabłkowego w zależności od: a) zawartości wody [ $u$ ], b) szybkości wnikanie substancji osmotycznej [ $ds/dt$ ].

Fig. 3. The effect of vitamin C on the rate [ $du/dt$ ] of water removal from apples being osmotically dehydrated in the concentrated apple juice solution, depending on: a) the water content level [ $u$ ]; b) the rate of osmotic substance permeating [ $ds/dt$ ].

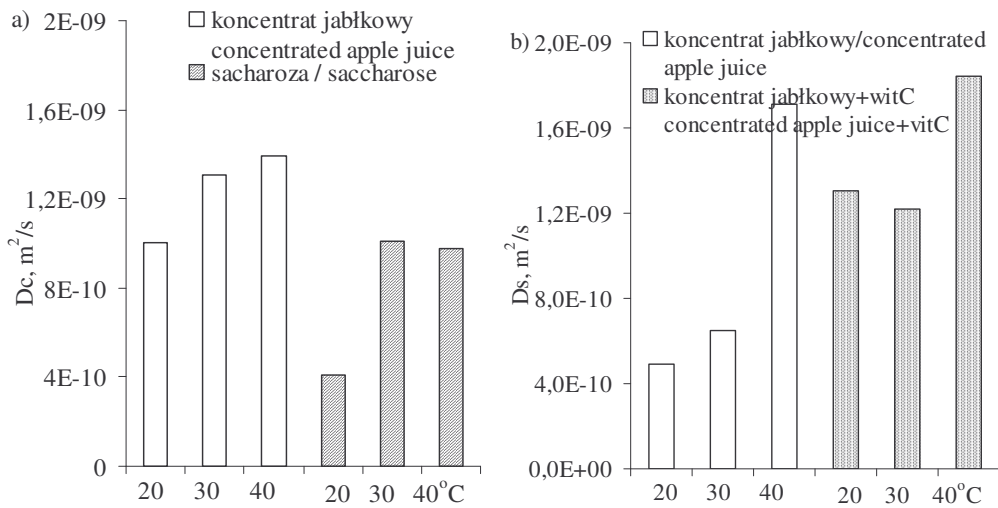
Przy zastosowaniu roztworu koncentratu jabłkowego umowny współczynnik dyfuzji substancji osmotycznej do jabłek w zakresie temp. 20–30°C był nawet około 2-krotnie większy w jabłkach odwadnianych w obecności witaminy C (rys. 5 b).

Wartości umownego współczynnika dyfuzji wody w jabłkach odwadnianych w obecności witaminy C w obu roztworach osmotycznych były większe w porównaniu z odwadnianiem prowadzonym w roztworach niezawierających witaminy C w temp. 30–40°C (rys. 6). Mniejsze różnice zaobserwowano w jabłkach odwadnianych w roztworze sacharozy. Przykładowo w temp. 30–40°C były o około 10–40%, a w koncentracie jabłkowym 2- 3-krotnie większe w porównaniu z jabłkami odwadnianymi bez udziału witaminy C. Natomiast w temp. 20°C obecność witaminy C miała odwrotny wpływ na zmianę dyfuzji wody w tkance jabłek.



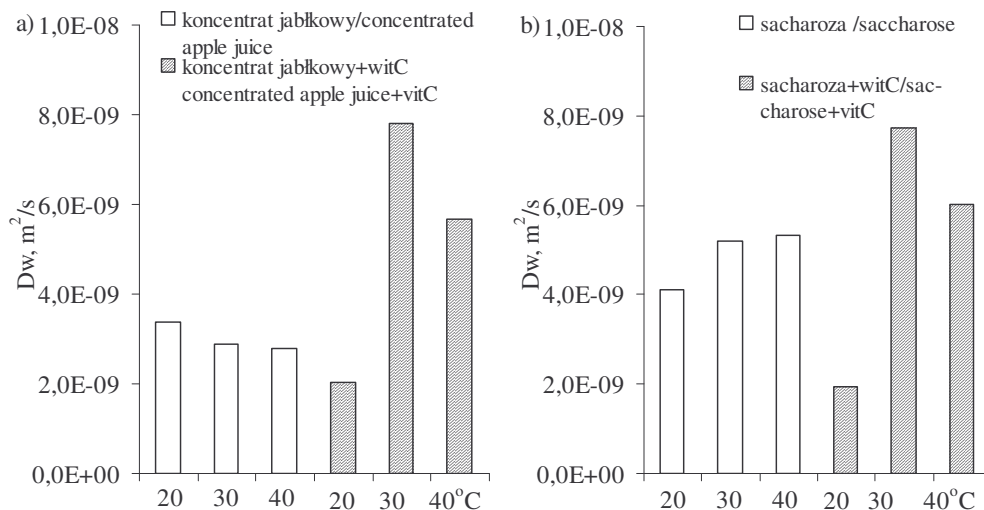
Rys. 4. Zmiany zawartości witaminy C [ $\Delta C$ ] w jabłkach odwadnianych w roztworach: a) koncentratu jabłkowego, b) sacharozy z witaminą C.

Fig. 4. Changes in the content of vitamin C in apples osmotically dehydrated in the solutions of: a) concentrated apple juice; b) saccharose with vitamin.



Rys. 5. Umowny współczynnik dyfuzji: a) witaminy C [ $D_c$ ], b) substancji osmotycznej [ $D_s$ ] w odwadnianych jabłkach.

Fig. 5. The conventional diffusion coefficient of: a) the vitamin C [ $D_c$ ]; b) osmotic substance [ $D_s$ ] contained in apples being osmotically dehydrated.



Rys. 6. Umowny współczynnik dyfuzji wody [ $D_w$ ] w jabłkach odwadnianych w roztworze: a) koncentratu jabłkowego, b) sacharozy.

Fig. 6. The conventional water diffusion coefficient [ $D_w$ ] in apples being osmotically dehydrated in the solution of: a) concentrated apple juice; b) saccharose.

## Wnioski

1. Odwadnianie jabłek w roztworach koncentratu soku jabłkowego i sacharozy z udziałem witaminy C nie wpłynęło istotnie na zawartość wody w jabłkach. Ubytki wody z jabłek odwadnianych w obecności witaminy C były większe tylko przy zastosowaniu roztworu koncentratu soku jabłkowego.
2. Przyrost suchej masy podczas odwadniania jabłek w obecności witaminy C uległ zwiększeniu o około 50% przy zastosowaniu roztworu koncentratu soku jabłkowego i o około 30% w roztworze sacharozy w porównaniu z odwadnianiem prowadzonym bez udziału witaminy C.
3. Obecność witaminy C wpłynęła na szybkość usuwania wody z jabłek, szczególnie w temp. 40°C. Była około 2-krotnie większa w porównaniu z odwadnianiem bez udziału witaminy C.
4. Zawartość witaminy C w jabłkach zależała od temperatury procesu, szczególnie przy zastosowaniu roztworu koncentratu jabłkowego. Wraz z podwyższaniem temperatury w zakresie 20–40°C zwiększeniu ulegała zawartość witaminy C w badanych jabłkach.
5. Obecność witaminy C w roztworze osmotycznym spowodowała zwiększenie umownego współczynnika dyfuzji wody i suchej masy do jabłek podczas odwadniania osmotycznego w zakresie temp. 30–40°C.

## Literatura

- [1] Azuara E., Cortes R., Garcia H., Beristain C.I.: Kinetics model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 1992, **27**, 409-418.
- [2] Barrera C., Betoret N., Fito P.: Ca<sup>2+</sup> and Fe<sup>2+</sup> influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith). *J. Food Eng.*, 2004, **65**, 9-14.
- [3] Chiralt A., Fito P., Andrés A., Barat J., M. Martínez-Monzò N., Martínez-Navarrete N.: Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. In: *Processing foods. Quality optimisation and process assessment*. Oliveira, F. A. R. Oliveira J. C. Boca Raton, FL: CRC Press. 1999, pp. 341-346.
- [4] Gras M.L., Vidal D., Betoret N., Chiralt A. & Fito P.: Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation. *J. Food Eng.*, 2003, **56 (2-3)**, 279-284.
- [5] Kowalska H., Lenart A.: The influence of plant tissue structure on osmotic dehydration, 12th International Drying Symposium (IDS'2000), Netherlands, paper, 2000, 242.
- [6] Kowalska H., Lenart A.: Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2003, **2**, 12-17.
- [7] Kowalska H., Lenart A.: Ruch wody i substancji rozpuszczonych w jabłkach odwadnianych osmotycznie. *Inżynieria Rolnicza*, 2003, **2 (1)**, 13-22.
- [8] Lazarides H.N.: Controlling solids uptake during osmotic processing of plant tissues, *Industrial Application of Osmotic Dehydration Treatments of Food*. eds. Dalla Rosa M., Spiess W.E.L. Forum Udine, 2000, pp. 41-48.
- [9] Mavroudis N.E., Dejmek P., Sjöholm I.: Osmotic-treatment-induced cell death and osmotic processing kinetics of apples with characterised raw material properties. *J. Food Eng.*, 2004, **63**, 47-56.
- [10] Mauro M.A., Tavares D.Q., Menegalli F.C.: Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *J. Food Eng.*, 2002, **56**, 1-15.
- [11] Sereno A., M. Moreira R. & Martinez E.: Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *J. Food Eng.*, 2001, **47**, 43-49.
- [12] Soliva-Fortuny R.C., n-Belloso O.M.: New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2003, **14**, 341-353.
- [13] Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Niranjana K. Knorr D.: Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci. Technol.*, 2002, **13**, 48-59.


### THE EFFECT OF C-VITAMIN ON THE OSMOTIC DEHYDRATION PROCESS IN APPLES

#### S u m m a r y

Mild parameters of osmotic dehydration can be applied to the technology of manufacturing minimally processed foods. At the present time, there is a growing interest in the so called minimally processed foods with well retained, natural features of raw materials, i.e. nutritious values and sensory characteristics. The tissue-related semi-permeable structure of apples makes it possible to decrease the water content through osmotic de-hydration process and to incorporate additional substances contained in an immersed solution.

In this work, there were analyzed changes in the water content level, dry matter, and vitamin C, all of them contained in the osmotically dehydrated apples. Apple samples shaped as 10 mm cubes were held in sucrose and in concentrated apple juice solutions with a 2% C-vitamin added. The solution concentration levels corresponded to water activity being 0.9. Temperatures were varied in a range from 20 to 40°C. The osmotic dehydration of apples was performed in a period from 0 to 180 minutes.

The process of dehydrating apples in a solution of concentrated apple juice and of sucrose, ensuing in the presence of vitamin C, did not significantly affect the water content level nor the losses in the water content compared to the dehydrating process ensuing without the vitamin C. However, during the osmotic dehydration of apples in the presence of vitamin C, the noted gain in dry matter mass was about 50% in the concentrated apple juice solution, and about 30% in the sucrose solution. The presence of vitamin C impacted the rate of removing water from apples. At a temperature of 40°C, the rate of water removal from apples was almost double in value compared with the rate when no vitamin C was present during the dehydration process. The content of vitamin C depended on the process temperature, especially, in the case of the concentrated apple juice solution. The content of vitamin C in the material investigated increased along with the temperatures increasing from 20 to 40°C. The presence of vitamin C in the osmotic solution caused the conventional water diffusion coefficient to raise, and the osmotic substance to more intensely permeate the apples during their being osmotically dehydrated.

**Key words:** osmotic dehydration, mass change, saccharose, concentrated apple juice, vitamin C 

HANNA KOWALSKA, EWA DOMIAN, MONIKA JANOWICZ,  
ANDRZEJ LENART

## **WPŁYW AGLOMERACJI NA ADSORPCJĘ PARY WODNEJ PRZEZ WIELOSKŁADNIKOWĄ ŻYWNOSĆ W PROSZKU**

### Streszczenie

Wyznaczano przebieg izoterm i kinetyki adsorpcji pary wodnej przez mieszaniny proszków spożywczych i ich aglomeraty otrzymane metodą powtórnego nawilżenia w złożu fluidalnym generowanym pneumatycznie lub mechanicznie. Mieszaniny sporządzono z produktów w proszku takich, jak: serwatka, izolat białek serwatkowych, izolat sojowy, glukoza oraz tłuszcz palmowy w stanie płynnym i sproszkowanym. Wzorcem do ustalenia składu mieszanin był proszek mleczny.

Wpływ aglomeracji wodą w złożu fluidalnym na adsorpcję pary wodnej wieloskładnikowej żywności w proszku uzależniony był od jej charakteru. Efekt zmian w kierunku zmniejszenia zdolności adsorpcji pary wodnej przez aglomeraty mieszanin białkowo-węglowodanowych i tłuszczowo-białkowo-węglowodanowych zależał głównie od ich składu, a w mniejszym stopniu od ich struktury związanej z metodą aglomeracji.

**Słowa kluczowe:** izoterm, kinetyka adsorpcji, proszki spożywcze, aglomeracja, złożo fluidalne

### **Wprowadzenie**

Żywność w proszku jest przykładem skoncentrowanej żywności określanej mianem szybkiej w przygotowaniu, wygodnej, niejednokrotnie gotowej do spożycia, produktów stosunkowo długiej trwałości [3].

Produkty sypkie, zarówno pod postacią proszków, jak i aglomeratów, cechują się dużą higroskopijnością, czyli zdolnością adsorpcji pary wodnej z otoczenia. Wrażliwość produktów na wilgoć i ich zdolność chłonięcia wody może być określana na podstawie kształtu izoterm i kinetyki adsorpcji pary wodnej. Izoterm większości produktów spożywczych mają kształt sigmoidalny z pewnymi odchyleniami, zależnie od rodzaju produktu oraz zawartości wody i wilgotności względnej powietrza [2, 6, 7, 8]. Kształt izoterm tego typu związany jest z występowaniem adsorpcji mono-

molekularnej (monowarstwy) w środowisku o aktywności wody  $a_w < 0,3$ , wielowarstwowej przy  $0,3 < a_w < 0,65$  oraz kondensacji kapilarnej przy  $a_w > 0,65$ .

W literaturze izoterm adsorpcji opisywane są za pomocą różnych równań matematycznych, np. według teorii Brunauera, Emmeta i Tellera (BET), Guggenheima Andersona i de Boera (GAB), Hendersona, Hasley'a [1, 9, 10, 11]. Stosowane są również analizy adsorpcji pary wodnej przez różne produkty bez opisów matematycznych, ponieważ trudno znaleźć równanie uwzględniające wszystkie parametry związane z przebiegiem tego procesu [3].

Stosowane, w celu otrzymania określonego produktu końcowego, mieszanie różnych składników spożywczych prowadzi do uśrednienia równowagowej zawartości wody mieszaniny w czasie przechowywania wskutek dyfuzji pary wodnej pomiędzy otaczającą atmosferą i składnikami mieszaniny. Zbadanie tych zależności umożliwia prognozowanie trwałości gotowego produktu, a jednocześnie służy opracowaniu optymalnych warunków przechowywania. Mieszaniny zawierające duże ilości białek charakteryzują się zwiększoną zdolnością chłonięcia wody, zaś duża zawartość węglowodanów powoduje jej zmniejszenie [5].

Zależność przyrostu zawartości wody w żywności w proszku od czasu procesu umożliwia interpretację kinetyki adsorpcji. Kształt krzywej kinetyki adsorpcji zależy od składu żywności w proszku oraz parametrów pomiaru (temperatury i wilgotności względnej środowiska) [3].

Znajomość izoterm i kinetyki adsorpcji pary wodnej przez różne produkty w proszku jest konieczna przy określaniu optymalnych warunków ich przechowywania. Praktyczne zastosowanie izoterm sorpcji w przetwórstwie żywności znajduje również zastosowanie podczas projektowania procesów technologicznych (suszenia, nawilżania, pakowania i in.) [3, 4].

Celem pracy było określenie wpływu aglomeracji nawilżeniowej na adsorpcję pary wodnej mieszanin proszków spożywczych z uwzględnieniem metody aglomeracji i składu mieszaniny.

### **Materiał i metody badań**

Aglomerację w pneumatycznie generowanym złożu fluidalnym (metoda fluidalna) prowadzono w aglomeratorze STREA 1/Nitro-Aeromatic AG. Aglomerację w mechanicznie generowanym złożu fluidalnym (metoda mechaniczna) wykonywano w laboratoryjnym mieszalniku lemieszowym, służącym do granulacji substancji sypkich firmy Lödige, typ L5 (Lödige Plughshare Mixer). Cieczą nawilżającą podczas aglomeracji była woda, którą dodawano w ilości 20 g na 100 g aglomerowanej mieszaniny.

Materiałem do badań były produkty w proszku, takie jak: proszek mleczny (PM), serwatka (S), izolat białek serwatkowych (BSW), izolat sojowy (BSJ), glukoza (G).



Sporządzono z nich mieszaniny z następującym udziałem masowym poszczególnych składników:

- A (S – 66%, BSJ – 34%),
- B (BSW – 16,5%, BSJ – 34%, G – 49,5%),
- E (S – 49%, BSJ 25%, tłuszcz płynny palmowy – 26%) – odpowiadająca składem mieszaninie A; aglomerowana tłuszczem,
- F (S 49%, BSJ 25%, tłuszcz sproszkowany palmowy – 26%) – odpowiadająca rodzajem składników mieszaninie A, ale z dodatkiem tłuszczu,
- PM – 100% odtłuszczone mleko w proszku.

Wzorcem do ustalenia składu mieszanin był proszek mleczny. Mieszaniny PM, A, B charakteryzowały się podobną ogólną zawartością białka i węglowodanów. Mieszaniny E i F pod względem ogólnej zawartości białka, węglowodanów i tłuszczu odpowiadały pełnemu mleku w proszku.

Izotermy adsorpcji pary wodnej określano metodą statyczną w ekcykatorach przy zastosowaniu kwasu siarkowego i nasyconych roztworów soli, charakteryzujących się określonymi wartościami aktywności wody w zakresie od 0,0 do 0,9 w temp. 25°C. Okres przetrzymywania próbek w ekcykatorach wynosił 3 miesiące. Aktywność wody ( $a_w$ ) mierzono w higrometrze Hygroskop DT 2 firmy Rotronic. Przed wykonaniem badań próbki wcześniej dosuszano w suszarce w temp. 50°C i ciśnieniu 50 kPa przez 20 godz.

Kinetykę adsorpcji pary wodnej oznaczano korzystając ze stanowiska umożliwiającego pomiar i komputerowy zapis zmian masy próbki w środowisku o wilgotności względnej 0,81 (warunki przechowywania w atmosferze nasyconego roztworu  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) w stałej temp. 25°C w ciągu do 30 godz. Przed wykonaniem badań próbki dosuszano w temp. 50°C pod obniżonym ciśnieniem w ciągu 20 godz.

Interpretacja wyników adsorpcji pary wodnej przeprowadzono na podstawie:

- izoterm adsorpcji pary wodnej obrazujących zależność ilości zaadsorbowanej wody  $u$  [g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.] w funkcji aktywności wody  $a_w$  [ułamek] i opisanych za pomocą równania GAB [1]

$$u = \frac{u_m \cdot k \cdot c \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot [1 + (c - 1) \cdot k \cdot a_w]} \quad (1)$$

gdzie:  $u$  – zawartość wody, [g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.],  $u_m$  – pojemność monowarstwy, [g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.],  $a_w$  – aktywność wody [ułamek],  $c$  – stała powiązana z ciepłem sorpcji,  $k$  – stała,

- krzywych kinetycznych obrazujących zależność ilości zaadsorbowanej wody  $u$  [g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.] w funkcji czasu  $t$  [godz.],
- stałych czasowych  $A$  [godz.] wyznaczonych na podstawie kinetyki adsorpcji pary wodnej z równania

$$\tau_{0,5} = A \cdot \ln 2 \quad (2)$$

gdzie:  $\tau_{0,5}$  – czas połowkowy, [godz.],

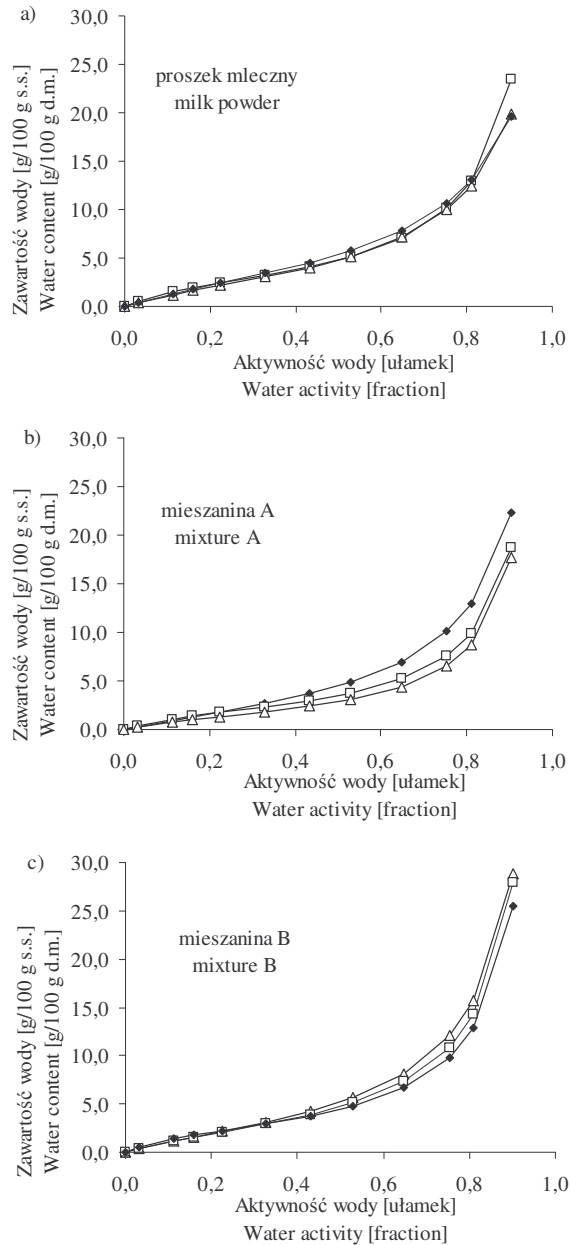
Analizę statystyczną wykonano metodą regresji liniowej przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

### Wyniki i dyskusja

Izotermy adsorpcji pary wodnej proszku mlecznego oraz mieszanin proszków spożywczych i ich aglomeratów miały przebieg zgodny z przebiegiem izoterm II typu według klasyfikacji BET. Współczynnik korelacji dopasowania równania GAB do analizowanych izoterm mieścił się w zakresie od  $r = 0,9606$  do  $r = 0,9990$ .

Nie zaobserwowano istotnego wpływu zarówno aglomeracji, jak i metody jej przeprowadzania na przebieg izoterm adsorpcji proszku mlecznego (rys. 1a). Tylko w zakresie niskich aktywności wody do około 0,4 zastosowanie procesu aglomeracji miało wpływ na obniżenie zdolności adsorpcji pary wodnej i uzyskanie niższej równowagowej zawartości wody. Pojemność monowarstwy (przy aktywności wody  $a_w = 0,33$ ) wynosiła około 3,4 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. odpowiednio w proszku mlecznym nieaglomerowanym oraz 3,0–3,2 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w aglomeracie otrzymanym metodą fluidalną oraz mechaniczną. Równowagowa zawartość wody przy aktywności wody 0,65 zawierała się w zakresie 7,1–7,8 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s., a przy aktywności wody 0,81 od około 12,4 do około 13,0 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. i nie zależała od aglomeracji.

W przypadku białkowo-węglowodanowej mieszaniny A (rys. 1b) zaobserwowano, że aglomeracja spowodowała obniżenie adsorpcji pary wodnej, szczególnie w zakresie aktywności wody od około 0,4 do około 0,9. Wpływ metody aglomeracji miał miejsce tylko przy wyższej aktywności wody od około 0,53, gdzie aglomerowanie mieszaniny A metodą fluidalną spowodowało uzyskanie niższych równowagowych zawartości wody w porównaniu z metodą mechaniczną. Równowagowa zawartość wody przy aktywności wody 0,33 wynosiła około 1,8–2,3 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w aglomeratach mieszaniny A oraz około 2,6 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w mieszaninie nieaglomerowanej. Przy aktywności wody 0,65 uzyskano równowagową zawartość wody odpowiednio około 4,4 i 5,5 g H<sub>2</sub>O/100 g w aglomeratach mieszaniny A otrzymanych metodą fluidalną i mechaniczną oraz około 7,0 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w mieszaninie A w formie proszku. Podobne zależności miały miejsce przy aktywności wody 0,81, gdzie równowagowa zawartość wody w aglomeracie A otrzymanym metodą mechaniczną była większa o około 14%, zaś w mieszaninie nieaglomerowanej o blisko 50% w porównaniu z aglomeratem otrzymanym metodą fluidalną. Nie zaobserwowano istotnego wpływu metody aglomeracji na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej mieszaniny B (rys. 1c). Mieszanina B charakteryzowała się nieznacznie większą zdolnością adsorpcji wody w porównaniu z mieszaniną A. Równowagowa zawartość wody przy aktywności



◆ Mieszanina w formie proszku / Mixture in the form of powder

△ Mieszanina w formie aglomeratu – metoda mechaniczna / Mixture in the form of agglomerate – mechanical method

□ Mieszanina w formie aglomeratu – metoda fluidalna / Mixture in the form of agglomerate / fluid method

Rys. 1. Wpływ aglomeracji na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej: a) proszek mleczny PM, b) mieszanina A, c) mieszanina B.

Fig. 1. The effect of agglomeration on water vapour adsorption isotherms: a) milk powder, b) mixture A, c) mixture B.

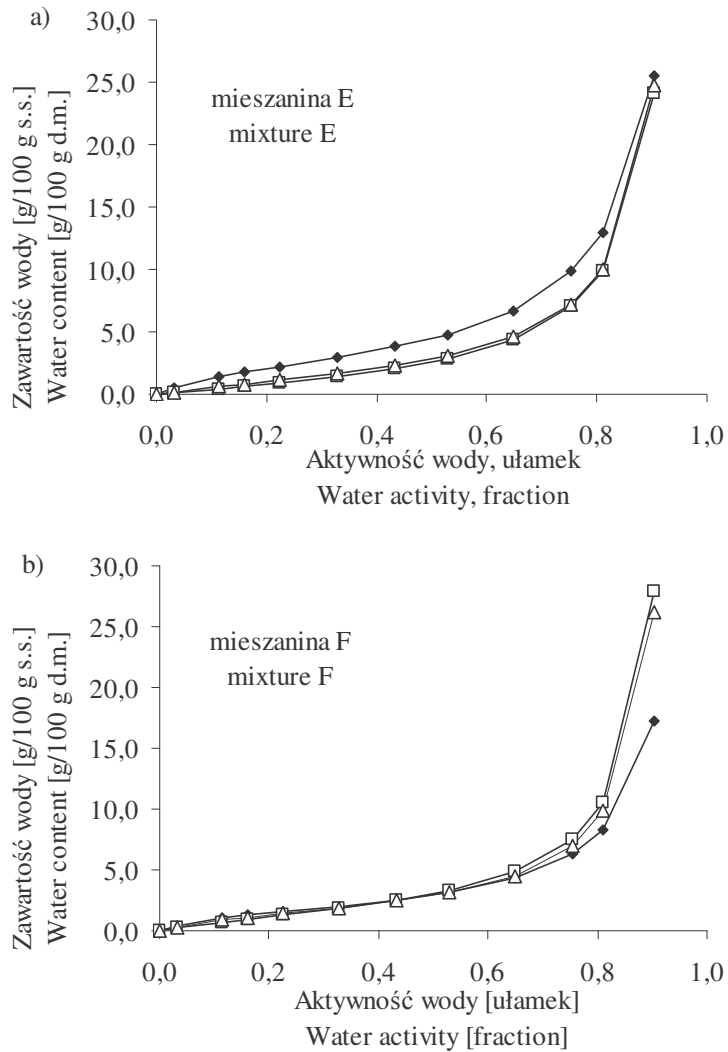
wody 0,33; 0,65 oraz 0,81 mieściła się odpowiednio w następujących zakresach: 2,9–3,1; 6,7–8,1 oraz 12,9–15,7 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.

Aglomeracja mieszaniny E płynnym tłuszczem spowodowała uzyskanie istotnych różnic pomiędzy równowagową zawartością wody tej mieszaniny w formie proszku i aglomeratu (rys. 2a). Mieszania E aglomerowana tłuszczem płynnym charakteryzowała się o około 35% mniejszą równowagową zawartością wody w porównaniu z mieszaniną nieaglomerowaną w badanym zakresie aktywności wody. Przy aktywności 0,81 wody uzyskano odpowiednio 10,0–10,9 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w aglomeratach mieszaniny E oraz około 12,9 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w mieszaninie nieaglomerowanej. Natomiast dodanie tłuszczu w formie proszku do białkowo-węglowodanowej mieszaniny F przed aglomeracją nie wpłynęło istotnie na uzyskane równowagowe zawartości wody (rys. 2b).

Aglomeracja badanych mieszanin proszków spożywczych, niezależnie od zastosowanej metody, miała istotny wpływ na kinetykę adsorpcji pary wodnej (rys. 3 i 4).

Aglomeracja proszku mlecznego spowodowała częściowe zmniejszenie adsorpcji pary wodnej w porównaniu z proszkiem nieaglomerowanym. Kinetyka adsorpcji pary wodnej przez proszek mleczny przebiegała w sposób zbliżony do kinetyki adsorpcji pary wodnej przez aglomerat proszku mlecznego otrzymany metodą fluidalną (rys. 3a). Aglomerat proszku mlecznego otrzymany metodą mechaniczną charakteryzował się bardziej ograniczoną adsorpcją pary wodnej w porównaniu z aglomeratem otrzymanym metodą fluidalną, szczególnie w okresie do około 10 godz. Po 30 godz. przetrzymywania próbek w środowisku o aktywności wody 0,81 zawartość wody była porównywalna i mieściła się w zakresie 12,0–12,4 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.

Metoda aglomeracji, niezależnie od składu mieszaniny, miała istotny wpływ na przebieg kinetyki adsorpcji pary wodnej. Aglomeraty białkowo-węglowodanowych mieszanin A i B otrzymane metodą mechaniczną charakteryzowały się większą zdolnością chłonięcia wody w porównaniu z aglomeratami uzyskanymi metodą fluidalną (rys. 3b i 3c). Ponadto aglomeraty obu mieszanin wykazywały znacznie mniejszą zawartość wody w czasie adsorpcji pary wodnej w porównaniu z mieszaninami nieaglomerowanymi. Różnice w przebiegu kinetyki adsorpcji pary wodnej przez mieszaniny A i B w formie proszku i aglomeratu były istotne statystycznie przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Po 30 godz. adsorpcji pary wodnej przy aktywności wody 0,81 zawartość wody w mieszaninie A wynosiła około 12,2 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. oraz 12,4 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. w mieszaninie B. W przypadku granulatów mieszanin A i B otrzymanych metodą mechaniczną oraz fluidalną, po 30 godz. adsorpcji uzyskano odpowiednio 8,7 i 11,8 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s. oraz 7,6 i 11,1 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.

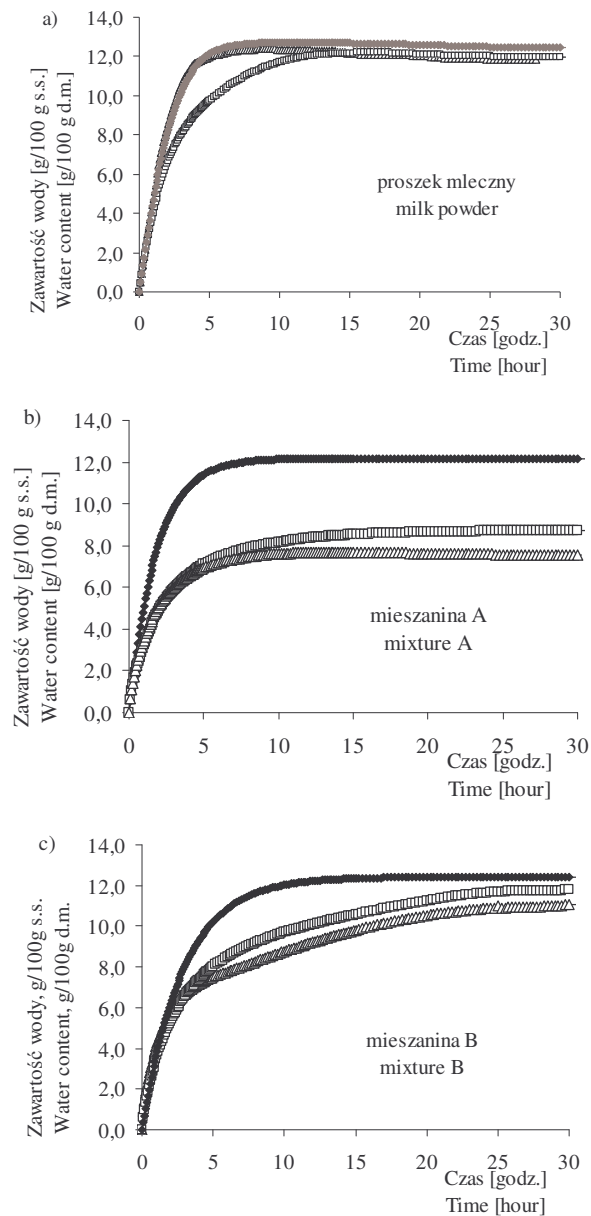


◆ Mieszanka w formie proszku / Mixture in the form of powder

△ Mieszanka w formie aglomeratu – metoda mechaniczna / Mixture in the form of agglomerate – mechanical method

□ Mieszanka w formie aglomeratu – metoda fluidalna / Mixture in the form of agglomerate /fluid method

Rys. 2. Wpływ aglomeracji na przebieg izoterm adsorpcji pary wodnej: a) mieszanina E, b) mieszanina F.  
Fig. 2. The effect of agglomeration on water vapour adsorption isotherms: a) mixture E, b) mixture F.



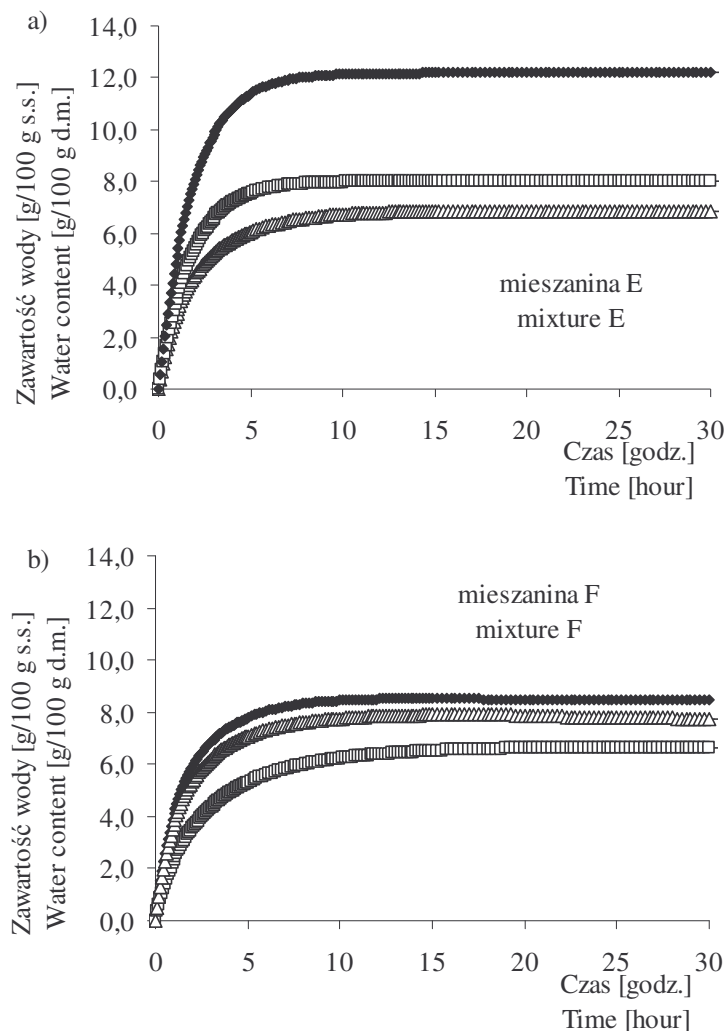
◆ Mieszanina w formie proszku / Mixture in the form of powder

△ Mieszanina w formie aglomeratu – metoda mechaniczna / Mixture in the form of agglomerate – mechanical method

□ Mieszanina w formie aglomeratu – metoda fluidalna / Mixture in the form of agglomerate /fluid method

Rys. 3. Wpływ aglomeracji na kinetykę adsorpcji pary wodnej: a) proszek mleczny, b) mieszanina A, c) mieszanina B.

Fig. 3. The effect of agglomeration on the water vapour adsorption kinetics: a) milk powder, b) mixture A, c) mixture B.



◆ Mieszanina w formie proszku / Mixture in the form of powder

△ Mieszanina w formie aglomeratu – metoda mechaniczna / Mixture in the form of agglomerate – mechanical method

□ Mieszanina w formie aglomeratu – metoda fluidalna / Mixture in the form of agglomerate / fluid method

Rys. 4. Wpływ metody aglomeracji na kinetykę adsorpcji pary wodnej: a) mieszanina E, c) mieszanina F.  
Fig. 4. The effect of agglomeration method on the water vapour adsorption kinetics: a) mixture E, b) mixture F.

Obecność tłuszczu w aglomeratach F i E wpłynęła na obniżenie ilości zaadsorbowanej wody w porównaniu z mieszaninami w formie proszku (rys. 4). W przypadku mieszaniny E w formie proszku adsorpcja pary wodnej była większa o około 52% w porównaniu z mieszaniną w formie aglomeratu otrzymanego metodą mechaniczną i około 76% w przypadku metody fluidalnej (rys. 4a). Mieszanina E aglomerowana metodą fluidalną za pomocą płynnego tłuszczu palmowego o



właściwościach hydrofobowych charakteryzowała się mniejszą szybkością chłonięcia pary wodnej w porównaniu z metodą mechaniczną (tab. 2). W przypadku mieszaniny F tłuszcz palmowy w postaci proszku dodany przed aglomeracją mechaniczną spowodował większe obniżenie zdolności chłonięcia pary wodnej w porównaniu z metodą fluidalną (rys. 4b). Podobne tendencje zaobserwowano w przypadku obliczonej szybkości adsorpcji pary wodnej przez te aglomeraty (tab. 2). Po 30 godz. adsorpcji pary wodnej granulaty z tłuszczem płynnym E otrzymane metodą fluidalną i mechaniczną (rys. 4a) charakteryzowały się zawartością wody 6,8 i 8,0 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s., zaś granulaty z tłuszczem w proszku odpowiednio około 7,7 i 6,6 g H<sub>2</sub>O/100 g s.s.

Tabela 1

Stałe czasowe [godz.] adsorpcji pary wodnej badanych mieszanin proszków spożywczych w formie proszku i aglomeratu.

Water vapour adsorption time constants [hr] of powder food mixtures in the form of powder and agglomerate.

Rodzaj mieszaniny Kind of mixture	Forma proszku Mixture in the form of powder	Forma aglomeratu Mixture in the form of agglomerate	
		Metoda fluidalna Fluid method	Metoda mechaniczna Mechanical method
A	8,445	5,241	6,022
B	8,604	5,500	8,157
E	8,445	4,736	5,553
F	5,870	5,371	4,592
PM	8,625	8,303	8,300

Stała czasowa proszku mlecznego, charakteryzującego się największą zawartością wody, jaka została zaadsorbowana w ciągu 30 godz., była największa (około 8,625 godz.) w porównaniu z badanymi mieszaninami w formie proszku i aglomeratu (tab. 1). Podobne wartości stwierdzono w białkowo-węglowodanowych mieszaninach A i B (8,445–8,604 godz.). Stała czasowa aglomeratów proszku mlecznego nie uległa istotnemu obniżeniu. Natomiast aglomeracja mieszanin białkowo-węglowodanowych metodą fluidalną wpłynęła na znaczne obniżenie stałych czasowych o około 36–38% w porównaniu ze stałymi czasowymi mieszanin nieaglomerowanych. W przypadku zastosowania metody mechanicznej stała szybkości mieszaniny A uległa obniżeniu o około 29% oraz tylko o około 5% w mieszaninie B. Aglomeracja mieszaniny E za pomocą tłuszczu płynnego spowodowała obniżenie stałej czasowej odpowiednio o około 44 i 34% metodą fluidalną i mechaniczną. Stała czasowa mieszaniny F, zawierającej tłuszcz, charakteryzowała się niższą wartością w porównaniu z badanymi mieszaninami i wynosiła około 5,870 godz. Natomiast aglomeracja metodą fluidalną i mechaniczną wpłynęła na obniżenie stałej czasowej o około 9 i 22% w porównaniu z mieszaniną w formie proszku.

## Wnioski

1. Wpływ aglomeracji wodą w złożu fluidalnym na adsorpcję pary wodnej wieloskładnikowej żywności w proszku uzależniony był od charakteru mieszaniny.
2. Zmniejszenie zdolności adsorpcji pary wodnej przez aglomeraty mieszanin białkowo-węglowodanowych i tłuszczowo-białkowo-węglowodanowych zależało głównie od ich składu, a w mniejszym stopniu od struktury związanej z metodą aglomeracji.

*Badania wykonano w ramach pracy naukowej finansowanej ze środków KBN w latach 2003–2005 (projekt badawczy nr 3 P06T 041 25).*

## Literatura

- [1] Al-Muhtaseb A.H., McMinn W.A.M., Magee T.R.A.: Water sorption isotherms of starch powders. Part 1: Mathematical description of experimental data. *J. Food Eng.*, 2004, **61** (3), 297-307.
- [2] Domian E., Lenart A.: Effect of the agglomeration on adsorption properties of milk powders. *Drying' 96 - Proceeding of the 10<sup>th</sup> International Drying Symposium*. Kraków, 1996, vol. B, pp. 763-770.
- [3] Domian E., Lenart A.: Adsorpcja pary wodnej przez żywność w proszku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2000, (4) **25**, 27-35.
- [4] Domian E., Lenart A.: Wpływ metody suszenia na właściwości sorpcyjne kaw rozpuszczalnych. *Inżynieria Rolnicza*, 2002, **5**, 211-218.
- [5] Kowalska H., Domian E., Janowicz M., Lenart A.: Właściwości sorpcyjne wybranych mieszanin proszków spożywczych o składzie białkowo-węglowodanowym. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, W druku.
- [6] Lenart A.: Charakterystyka właściwości sorpcyjnych odwodnionej żywności. *Przem. Ferm. Owoc.Warz.*, 1991, (2) **25**, 1-4.
- [7] McMinn W.A.M., Magee T.R.A.: Studies on the effect of temperature on the moisture sorption characteristics of potatoes. *J. Food Process Eng.*, 1999, **22**, 113-128.
- [8] Menkov N.D.: Moisture sorption isotherms of lentil seeds at several temperatures. *J. Food Eng.*, 2000, **44**, 205-211.
- [9] Moraga G., Martínez-Navarrete N., Chiralt A.: Water sorption isotherms and glass transition in strawberries: influence of pre-treatment *J. Food Eng.*, 2004, **62**, 315-321.
- [10] Sadowska J., Ostaszyk A., Fornal J.: Moisture sorption isotherms of rapeseed high-fat press-cake. *Proceedings of the Sixth Seminar*. Ed. Lewicki P.P. Warsaw University Press, 1995, pp. 53-62.
- [11] Timmermann E.O., Chirife J., Iglesias H.A.: Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters? *J. Food Eng.*, 2001, **48**, 19-31.

**THE EFFECT OF AGGLOMERATION ON THE WATER VAPOUR ADSORPTION  
BY MULTI-COMPONENT POWDER FOODS**

---

### S u m m a r y

There were determined the isotherms and the kinetics of the process of adsorbing water vapour by mixtures of powder foods and their agglomerates produced using a method of repeated wetting in a fluidized bed that was pneumatically or mechanically generated. The mixtures were made of products in the form of powders; the products applied were: whey, isolate of milk whey protein, isolate of soya, glucose, and fat in a liquid and a powdered state. The mixtures had a composition pattern of the milk powder.

The effect of wet agglomeration in a fluidized bed on the water vapour adsorption by multi-component food powders depended on its character.

The effect of changes, aiming at decreasing the adsorption capacity of water steam by agglomerates of carbohydrate-protein mixtures and carbohydrate-protein-fat agglomerates, depended, first of all, on their compositions, and, to a lower degree, on their structure coupled with the method of agglomeration.

**Key words:** water vapour adsorption, food powders, agglomeration ☒

KINGA WIECZOREK, JACEK OSEK

## PRZYDATNOŚĆ WYBRANYCH TECHNIK PCR W RÓŻNICOWANIU TERMOTOLERANCYJNYCH SZCZEPÓW *CAMPYLOBACTER*

### Streszczenie

*Campylobacter* spp. należy do najczęstszych bakteryjnych czynników etiologicznych infekcji pokarmowych u ludzi. Główną przyczyną zakażeń człowieka tymi drobnoustrojami jest spożywanie niedogotowanego mięsa drobiowego, skażonej wody oraz niepasteryzowanych produktów mlecznych. W badaniach epidemiologicznych wykorzystywane są molekularne metody różnicujące, które umożliwiają analizę pokrewieństwa genotypowego między izolatami należącymi do rodzaju *Campylobacter*, wyosobnionymi z tego samego lub z różnych źródeł. Jedną z nich - ERIC-PCR (Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus – Polymerase Chain Reaction) polega na zastosowaniu w reakcji amplifikacji starterów o długich sekwencjach nukleotydowych, komplementarnych do konserwatywnych fragmentów obecnych w genomie drobnoustrojów rodziny Enterobacteriaceae, jednak różnie w nim rozmieszczonych w zależności od gatunku lub szczepu bakteryjnego. ERIC-PCR umożliwia szybkie różnicowanie izolatów i stanowi przydatne narzędzie służące do analizy genomu prokariotycznego. W ostatnich latach do molekularnego typowania *Campylobacter*, zwłaszcza *C. jejuni* i *C. coli*, stosowana jest analiza długości fragmentów restrykcyjnych (RFLP) amplifikowanego techniką PCR genu *flaA*. Metoda ta często jest również wykorzystywana w badaniach epidemiologicznych.

Celem badań było określenie przydatności technik PCR-RFLP i ERIC-PCR do molekularnego różnicowania szczepów *Campylobacter* izolowanych z tuszek drobiowych. W wyniku analizy PCR-RFLP otrzymano 5 profili restrykcyjnych, składających się z szeregu fragmentów DNA o różnych masach molekularnych. Natomiast test ERIC-PCR pozwolił na otrzymanie 6 profili molekularnych. Uzyskane rezultaty wskazują na stosunkowo dużą zdolność różnicowania obu zastosowanych w pracy metod oraz ich przydatność do genotypowego różnicowania szczepów *C. jejuni* i *C. coli*.

**Słowa kluczowe:** *Campylobacter*, różnicowanie, *flaA* typowanie, PCR-RFLP, ERIC-PCR

### Wprowadzenie

*Campylobacter* spp. należy do najczęstszych czynników etiologicznych infekcji pokarmowych wywołanych spożyciem skażonej żywności. Z powodu szerokiego występowania tych bakterii w populacji zwierzęcej istnieje duże ryzyko skażenia produktów żywnościowych, takich jak: surowe mięso i mleko, a także

---

Mgr K. Wieczorek, prof. dr hab. J. Osek, Zakład Higieny Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy, Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy, e-mail: kinga.wieczorek@piwet.pulawy.pl

niepasteryzowane produkty mleczne oraz woda. Główną przyczyną zakażeń człowieka jest jednak mięso drobiowe [12]. Prawidłową identyfikację i różnicowanie bakterii należących do rodzaju *Campylobacter* metodami mikrobiologicznymi utrudnia m.in. duża zmienność tych drobnoustrojów i ich specyficzne wymagania wzrostowe. Dodatkowo, stosunkowo często występują szczepy atypowe biochemicznie. Atrakcyjną alternatywą dla badań fenotypowych są obecnie metody wykorzystujące techniki biologii molekularnej. Różnicowanie bakterii należących do rodzaju *Campylobacter* możliwe jest przy zastosowaniu metod genotypowych obejmujących m.in. analizę polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych (RFLP), również w połączeniu z elektroforezą pulsacyjną (PFGE), a także analizę polimorfizmu przypadkowo amplifikowanego DNA (AP-PCR) [13]. Jedną z technik powielania powtórzonych fragmentów DNA - ERIC-PCR (Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus) polega na zastosowaniu w reakcji PCR długich starterów nukleotydowych komplementarnych do sekwencji konserwatywnych w genomie rodziny *Enterobacteriaceae*, jednak różnie w nim rozmieszczonych w zależności od gatunku lub szczepu [6]. Inną z powszechniej używanych metod różnicowania *C. jejuni* i *C. coli* jest typowanie przy użyciu analizy polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych (RFLP) amplifikowanego techniką PCR genu *flaA* (kodującego ekspresję białka flageliny). W wyniku działania enzymu restrykcyjnego (najczęściej jest to *DdeI*) powstaje swoisty dla każdego drobnoustroju układ ampikonów o różnych masach molekularnych, na podstawie którego można specyficznie różnicować szczepy *Campylobacter* obu gatunków [1, 9].

Celem pracy było określenie przydatności dwóch technik molekularnych: PCR-RFLP (*flaA*) oraz ERIC-PCR w różnicowaniu izolatów *Campylobacter* pochodzących z tuszek drobiowych.

## **Materiał i metody badań**

### *Szczepy bakteryjne*

W badaniach wykorzystano szczepy referencyjne: *C. jejuni* ATCC 33291 i *C. coli* ATCC 43478, oraz po 5 izolatów *C. jejuni* i *C. coli* pochodzących z tuszek drobiowych. Wymazy, z których pozyskano izolaty, pochodziły z jednego zakładu produkcyjnego i zostały pobrane jednego dnia. Bakterie klasyfikowano do rodzaju *Campylobacter* przy użyciu metody mikrobiologicznej wg PN-ISO 10272 [10]. Przynależność gatunkową wyosobnionych drobnoustrojów określano stosując test multiplex PCR [2].

### *Matrycowy DNA*

Bakteryjne DNA otrzymano z pojedynczych kolonii *Campylobacter* spp. inkubowanych na pożywce Karmali (Oxoid) przez 24 h w temp. 42°C w warunkach mikroaerofilnych. Bakterie zawieszano w 1 ml wody redetylowanej i odwirowywano 13 000 g przez 1 min. Do uzyskanego osadu dodawano 100 µl 10 mM buforu Tris, a

następnie izolowano DNA za pomocą zestawu Genomic – Mini (A&A Biotechnology Gdańsk) zgodnie z instrukcją podaną przez producenta. Czystość i koncentrację uzyskanego DNA oznaczano spektrofotometrycznie i w odpowiednim rozcieńczeniu stosowano w testach PCR.

#### *Test PCR-RFLP*

Amplifikacje przeprowadzono w mieszaninie reakcyjnej zawierającej startery flaAF (5' GGATTTTCGTATTAACACAAATGGTGC 3') i flaAR (5' CTGTAGTAATCTTAAA CAT TTTG 3') (IBB, Polska) [<http://campynet.vetinst.dk>] w stężeniach 0,1 µM, matrycowy DNA o koncentracji 20 ng/µl (5 µl), 5 mM MgCl<sub>2</sub>, dNTP (200 µM), 2 U polimerazy Taq (Fermentas, Litwa). Reakcje wykonywano używając programu o następujących parametrach: temp. 94°C – 5 min, a następnie 30 cykli: 94°C – 1 min, 48°C – 1 min, 72°C – 2 min. oraz 72°C – 5 min. Produkt amplifikacji o masie 1700 pz poddawano działaniu enzymu restrykcyjnego *DdeI* (2 U) w temp. 37°C przez 3 h, wykonywano elektroforezę w 2% żelu agarozowym barwionym bromkiem etydyny o stężeniu 5 µg/ml przez 1 min, a następnie oglądano w świetle UV przy użyciu zestawu Gel-Doc 2000 (Bio-Rad, USA). Do określenia wielkości uzyskanych prążków zastosowano marker masy molekularnej Gene Ruler 100 bp DNA Ladder Plus firmy Fermentas o następującym rozkładzie prążków – 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1031, 1200, 1500, 200, 3000.

#### *Test ERIC-PCR*

Przeprowadzano go w mieszaninie reakcyjnej o końcowej objętości 50 µl, zawierającej: 5 mM MgCl<sub>2</sub>, dNTP (200 µM), bufor enzymatyczny, 2 U termostabilnej polimerazy Taq (Fermentas), startery: ERIC 1-R (5' ATGTAAGCTCCTGGGATCAC 3') i ERIC 2 (5' AAGTAAGTGACTGGGGTGAGCG 3') [14] oraz matrycowy DNA o koncentracji 10 ng/µl (5 µl). Reakcje wykonano stosując program o następujących parametrach: temp. 94°C – 4 min (denaturacja wstępna), a następnie 40 cykli: 94°C – 45 s, 25°C – 45 s, 72°C – 1 min. Końcowy etap wydłużania przeprowadzono w temp. 72°C przez 5 min. Otrzymane produkty amplifikacji identyfikowano w 1,7% żelu agarozowym [3, 8].

## **Wyniki i dyskusja**

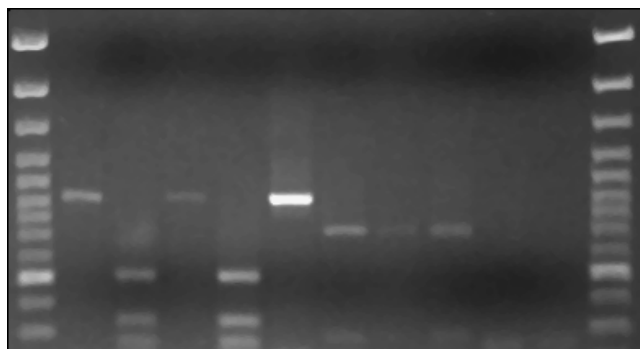
Typowanie szczepów bakteryjnych jest szczególnie ważne ze względów epidemiologicznych. Umożliwia precyzyjne określenie źródła zakażenia oraz dróg szerzenia się patogenów. Biorąc powyższe pod uwagę niezbędne jest opracowanie techniki, która charakteryzowałaby się dużą zdolnością różnicowania, powtarzalnością uzyskiwanych wyników, a także łatwością wykonania. W obecnej pracy do oceny zdolności różnicowania izolatów *Campylobacter* wybrano dwie techniki – PCR-RFLP oraz ERIC-PCR. W celu ustalenia warunków analizy wykorzystano DNA pochodzące ze szczepów referencyjnych *C. jejuni* i *C. coli*. Przeprowadzono szereg reakcji z różnymi koncentracjami matrycowego DNA, zmieniano również temperaturę

przyłączania starterów oraz stężenie jonów magnezu. Wynik każdorazowo oceniano na żelu agarozowym i w przypadku techniki ERIC-PCR wybierano takie stężenia reagentów i parametry amplifikacji, które dawały największą liczbę wyraźnych, powtarzalnych produktów amplifikacji. Testy te użyto następnie do oceny izolatów pochodzących z tuszek drobiowych. W przypadku techniki PCR-RFLP w pierwszym etapie pracy otrzymano produkt amplifikacji genu *flaA* (1700 pz), który następnie poddano działaniu enzymu restrykcyjnego *DdeI*. W rezultacie otrzymano 3 różne profile w odniesieniu do szczepów *C. jejuni* i 2 – *C. coli*, na które składały się fragmenty o masach molekularnych od ok. 120 – 900 pz, stanowiących podstawę do genotypowego różnicowania badanych szczepów *Campylobacter* (fot. 1). W kolejnym etapie badań wykonano test ERIC-PCR z użyciem tych samych 10 izolatów pochodzących z tuszek drobiowych. Otrzymano 6 profili molekularnych (po 3 w obrębie *C. jejuni* i *C. coli*), na które składały się od 4 do 8 amplikonów o masach od 100 do ponad 2000 pz (fot. 2).

Wyniki powyższych badań, w odniesieniu do techniki PCR-RFLP, są zgodne z doniesieniami innych autorów, którzy również dobrze oceniają zdolność różnicowania tej metody w odniesieniu do szczepów *Campylobacter*, zwłaszcza *C. jejuni* i *C. coli*. Analiza ta jest obecnie szeroko rozpowszechniona w typowaniu tych drobnoustrojów pochodzących z różnych źródeł. Jest to związane z potwierdzeniem w wielu doświadczeniach jej wysokiej zdolności różnicowania i powtarzalności uzyskiwanych wyników, co w połączeniu z innymi cechami, takimi jak szybkość i łatwość wykonania analizy oraz stosunkowo niskie koszty sprawia, że jest to obecnie jedna z bardziej przydatnych technik molekularnych służących do różnicowania bakterii należących do rodzaju *Campylobacter* [1, 4, 5].

W obecnej pracy uzyskano również zadowalające rezultaty w odniesieniu do testu ERIC-PCR. Jednak jest on stosunkowo rzadko używany do różnicowania tej grupy drobnoustrojów z uwagi na pewne ograniczenia związane z relatywnie niską powtarzalnością wyników, na którą duży wpływ mają stosowane w różnych laboratoriach warunki amplifikacji. W związku z tym, przy wykorzystaniu tej techniki w badaniach epidemiologicznych należy zwrócić szczególną uwagę na ujednolicony sposób prowadzenia doświadczeń [7, 11].

M 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 M

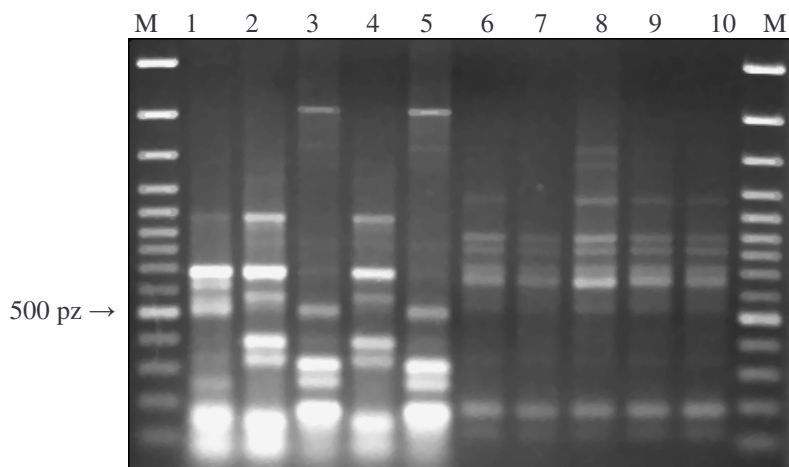




500 pz →

Fot. 1. Profile PCR-RFLP szczepów *Campylobacter*. Poszczególne ścieżki: 1–5 szczepy *C. jejuni*, 6–10 szczepy *C. coli*, M – 100 pz marker masy molekularnej.

Phot. 1. PCR-RFLP profiles of *Campylobacter* strains. Individual Lanes: 1–5 *C. jejuni* strains, 6–10 *C. coli* strains, Lane M – 100 bp marker of the molecular mass (DNA ladder).



Fot. 2. Obraz elektroforetyczny produktów amplifikacji testu ERIC-PCR otrzymanych z DNA szczepów *Campylobacter*. Poszczególne ścieżki 1–5 *C. jejuni*, 6–8 *C. coli*, M – 100 pz marker masy molekularnej.

Phot. 2. Agarose gel electrophoresis showing ERIC-PCR fingerprintings generated by *Campylobacter* strains. Individual Lanes: 1–5 *C. jejuni* strains; 6–10 *C. coli* strains; Lane M – 100 bp marker of the molecular mass (DNA ladder).

## Wnioski

1. Stosowane w pracy techniki ERIC-PCR i PCR-RFLP charakteryzują się dużą zdolnością genotypowego różnicowania drobnoustrojów należących do rodzaju *Campylobacter*.

2. Obie metody mogą być wykorzystywane do badań epidemiologicznych w tym związanych z zakażeniami pokarmowymi u ludzi.

### Literatura

- [1] Chuma T., Makino K., Okamoto K., Yugi H.: Analysis of distribution of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in broilers by using restriction fragment length polymorphism of flagellin gene. J. Vet. Med. Sci., 1997, **59**, 1011-1015.
- [2] Denis M., Soumet C., Rivoal K., Ermel G., Blivet D., Salvat G., Colin P.: Development of a m-PCR assay for simultaneous identification of *Campylobacter jejuni* and *C. coli*. Lett. Appl. Microbiol., 1999, **29**, 406-410.
- [3] Endtz H.P., Ang C.W., van Den Braak N., Duim B., Rigter A., Price L.J., Woodward D.L., Rodgers F.G., Johnson W.M., Wagenaar J.A., Jacobs B.C., Verbrugh H.A., van Belkum A.: Molecular characterization of *Campylobacter jejuni* from patients with Guillain-Barre and Miller Fisher syndromes. J. Clin. Microbiol., 2000, **38**, 2297-2301.
- [4] Ertas H.B., Cetinkaya B., Muz A., Ongor H.: Genotyping of broiler-originated *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* isolates using fla typing and random amplified polymorphic DNA methods. Int. J. Food Microbiol., 2004, **94**, 203-209.
- [5] Harrington C. S., Moran L., Ridley A.M., Newell D.G., Madden R.H.: Inter-laboratory evaluation of three flagellin PCR/RFLP methods for typing *Campylobacter jejuni* and *C. coli*: the CAMPYNET experience. J. Appl. Microbiol. 2003, **95**, 1321-1333.
- [6] Hulton C.S., Higgins C.F., Sharp P.M.: ERIC sequences: a novel family of repetitive elements in the genomes of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and other enterobacteria. Mol. Microbiol. 1991, **5**, 825-834.
- [7] Iriarte P., Owen R.J.: Repetitive and arbitrary primer DNA sequences in PCR-mediated fingerprinting of outbreak and sporadic isolates of *Campylobacter jejuni*. FEMS Immunol. Med. Microbiol., 1996, **15**, 17-22.
- [8] Nachamkin I., Allos B.M., Ho T.: *Campylobacter* species and Guillain-Barre syndrome. Clin. Microbiol. Rev., 1998, **11**, 555-567.
- [9] On S.L.: Identification methods for campylobacters, helicobacters, and related organisms. Clin. Microbiol. Rev., 1996, **9**, 405-422.
- [10] PN-ISO 10272: „Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda wykrywania termotolerancyjnych bakterii z rodzaju *Campylobacter*”.
- [11] Shi Z.Y., Liu P.Y., Lau Y.J., Lin Y.H., Hu B.S., Tsai H.N.: Comparison of polymerase chain reaction and pulsed-field gel electrophoresis for the epidemiological typing of *Campylobacter jejuni*. Diagn. Microbiol. Infect. Dis., 1996, **26**, 103-108.
- [12] Trachoo N.: *Campylobacter jejuni*: an emerging problem. J. Sci. Technol., 2003, **25**, 141-157.
- [13] Wassenaar T.M., Newell D.G.: Genotyping of *Campylobacter* spp. Appl. Environ. Microbiol., 2000, **66**, 1-9.
- [14] Versalovic J., Koeuth T., Lupski J.R.: Distribution of repetitive DNA sequences in eubacteria and application to fingerprinting of bacterial genomes. Nucleic Acids Res., 1991, **19**, 6823-6831.

### THE USEFULNESS OF SOME SELECTED PCR TECHNIQUES IN DIFFERENTIATING THERMOTOLERANT *CAMPYLOBACTER* STRAINS

#### Summary

*Campylobacter* spp. is among the most common bacterial pathogens causing etiologic alimentary infections in humans. The major routes of transmitting this pathogen into human organisms are when people eat undercooked poultry, contaminated food, and/or drink contaminated water and non-pasteurised milk. Several discriminatory molecular methods are used in epidemiologic investigations as they make it possible to analyze a genotypic relationship among *Campylobacter* isolates obtained from the same or from different sources. One of such methods is an Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus – Polymerase Chain Reaction (ERIC-PCR). It consists in applying starters with long nucleotide sequences to amplification reactions. The said nucleotide sequences are complementary to conserved fragments present in the genome of *Enterobacteriaceae* bacteria, however, they are arranged in the genome of bacteria in different ways depending on the species or strain of the bacteria. ERIC-PCR makes it possible to quickly differentiate isolates, thus, it is a useful tool to analyze a prokaryotic genome. Recently, a length analysis of the restriction fragments (RFLP) of the flagellin gene *flaA* amplified by PCR technique has been applied to molecular typing of *Campylobacter*, especially of *C. jejuni* and *C. coli*. Additionally, this method is used in epidemiologic investigations.

The aim of the present paper was to investigate the capacity of ERIC-PCR and PCR-RFLP to distinguish *Campylobacter* strains isolated from poultry carcasses. The PCR-RFLP analysis performed resulted in five (5) different restriction profiles consisting of a series of DNA fragments showing different molecular masses. And the ERIC-PCR test made it possible to produce six (6) molecular profiles. The results of this investigation prove a relatively high discriminatory capacity of the two typing methods as applied in this paper, as well as their usability to genotypic differentiation of *C. jejuni* and *C. coli* strains.

**Key words:** *Campylobacter*, differentiation, *flaA* typing, PCR-RFLP, ERIC-PCR ☒

MARIOLA FRIEDRICH, JOANNA SADOWSKA, ANNA SAWICKA

**WPŁYW SUPLEMENTACJI DIETY WITAMINAMI Z GRUPY B NA  
SKŁAD KWASÓW TŁUSZCZOWYCH OKOŁONARZĄDOWEJ  
TKANKI TŁUSZCZOWEJ I PROCESY  
ICH PEROKSYDACJI U SZCZURA**

Streszczenie

W przeprowadzonym doświadczeniu zbadano wpływ składu diety i jej suplementacji wybranymi witaminami z grupy B na ilość, rozmieszczenie i skład kwasów tłuszczowych okołonarządowej tkanki tłuszczowej oraz stężenie wskaźników peroksydacji lipidów u szczura.

W doświadczeniu zastosowano trzy diety: I – podstawową, którą stanowiła pasza zawierająca między innymi pełne ziarna zbóż, II – zmodyfikowaną, w której pełne ziarna zbóż zastąpiono częściowo mąką pszenną i sacharozą i III – zmodyfikowaną, suplementowaną wybranymi witaminami z grupy B.

Stwierdzono, że samice, których dieta była suplementowana, przyrastały istotnie więcej w porównaniu z samicami żywionymi paszą podstawową, ale porównywalnie do samic żywionych paszą zmodyfikowaną niesuplementowaną. Zwiększonym przyrostom masy ciała w grupie suplementowanej towarzyszyło istotnie większe odkładanie tłuszczu okołonarządowego, śródmięśniowego i wątrobowego. Zastosowana suplementacja sprzyjała również zmianie składu kwasów tłuszczowych wisceralnej tkanki tłuszczowej, w kierunku wzrostu zawartości monoenowych i spadku zawartości polienowych kwasów tłuszczowych oraz powstawaniu wolnych rodników, co manifestowało się istotnym spadkiem stężenia glutationu zredukowanego oraz wzrostem stężenia produktów peroksydacji lipidów w krwi i wątrobie badanych zwierząt.

**Słowa kluczowe:** suplementacja, witaminy, kwasy tłuszczowe, szczur

### **Wprowadzenie**

Pojawiająca się wśród społeczeństwa świadomość nieprawidłowego żywienia, sugestywna reklama, a także moda powodują, że coraz więcej osób zdrowych i w różnym wieku stosuje jako uzupełnienie codziennej diety preparaty witaminowe [3, 22]. Z uwagi na powszechną dostępność i często umiarkowaną cenę, ich rodzaj, skład i

pobierana ilość rzadko są konsultowane z lekarzem i dostosowywane do aktualnego zapotrzebowania [23].

We wcześniej prowadzonych przez nas badaniach [10, 11] stwierdzono istotny wpływ zastosowanej suplementacji diety witaminami z grupy B na metabolizm węglowodanowo-lipidowy, zwiększone przyrosty masy ciała, gromadzenie tkanki tłuszczowej, w tym wisceralnej.

Celem pracy było zbadanie wpływu składu diety i jej suplementacji wybranymi witaminami z grupy B na ilość, rozmieszczenie i skład kwasów tłuszczowych okołonarządowej tkanki tłuszczowej oraz stężenie wskaźników procesu ich peroksydacji u szczura.

### **Materiał i metody badań**

Doświadczenie (po uzyskaniu zgody Lokalnej Komisji Etycznej) przeprowadzono na 36 samicach szczura w wieku 8 miesięcy (po ostatnim wykocie) w wivarium Zakładu Fizjologii Żywienia Człowieka Akademii Rolniczej w Szczecinie. Zwierzęta przebywały w indywidualnych klatkach, w temperaturze  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , cykl jasność/ciemność wynosił 12 h/12 h. Warunki utrzymywania zwierząt laboratoryjnych były zgodne z ustawą z dnia 21 sierpnia 1997 r. o ochronie zwierząt [5]. Zwierzęta przez tydzień kondycjonowano w warunkach wivarium, a następnie podzielono na trzy grupy żywieniowe (po 12 sztuk w każdej), o średniej masie ciała: w grupie I –  $313,0\text{g} \pm 37,2\text{g}$ , w grupie II –  $320,2\text{g} \pm 35,2\text{g}$ , w grupie III –  $318,6\text{g} \pm 34,8\text{g}$ . Szczury żywiono *ad libitum* granulowanymi mieszankami wyprodukowanymi przez Wytwórnę Pasz i Koncentratów w Kcyni. Grupa I otrzymywała granulowaną mieszankę podstawową (zawierającą m.in. pełne ziarna zbóż), której receptura została opracowana na podstawie wymagań międzynarodowych norm w zakresie żywienia zwierząt laboratoryjnych i badania prowadzone w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie [25]. Grupy II i III otrzymywały granulowaną mieszankę zmodyfikowaną, w której, w stosunku do mieszanki podstawowej, 30,4% ziarna pszenicy zastąpiono mąką pszenną, a 50% obecnej w niej kukurydzy – sacharozą. Pełny skład zastosowanych w doświadczeniu pasz przedstawiono w tab. 1.

W celu ustalenia rzeczywistego chemicznego składu pasz przeprowadzono podstawowe analizy chemiczne. Według metodyki Gawęckiego i Jeszke [14] oznaczano zawartość: białka ogółem, tłuszczu, suchej masy i związków mineralnych w postaci popiołu. Zawartość węglowodanów wyliczano z różnicy pomiędzy suchą masą a sumą ww. składników.

Ilość energii brutto i metabolicznej obliczano stosując następujące równoważniki fizyczne: białko ogółem – 5,65 kcal/g (23,6 kJ/g), tłuszcz – 9,45 kcal/g (39,6 kJ/g) i węglowodany – 4,15 kcal/g (17,4 kJ/g) oraz równoważniki energetyczne Atwatera

netto: białko ogółem – 4,0 kcal/g (16,76 kJ/g), tłuszcz – 9,0 kcal/g (37,71 kJ/g) oraz węglowodany – 4,0 kcal/g (16,76 kJ/g) – tab. 2.

Tabela 1

Skład surowcowy pasz zastosowanych w doświadczalnym żywieniu szczurów.

The composition of ingredients contained in fodders applied in the experimental feeding of rats.

Nazwa komponentu Name of component	Pasza podstawowa [%] Basic fodder [%]	Pasza zmodyfikowana [%] Modified fodder [%]
Pszemica / Wheat	36,4	6
Kukurydza / Corn grain	20	10
Otręby pszenne / Wheat bran	20	20
Serwatka suszona / Dry whey	3	3
Sól pastewna / Fodder salt	0,3	0,3
Śruta sojowa 48% / Soya-bean grain 48%	17	17
Kreda pastewna / Fodder chalk	1,5	1,5
Fosforan 2-CA / 2-Ca phosphate	0,8	0,8
Premiks LRM / LRM Pre-mix	1	1
Mąka pszenna / Wheat flour	-	30,4
Sacharoza / Sucrose	-	10

Tabela 2

Skład chemiczny pasz zastosowanych w doświadczeniu.

Chemical composition of fodders used in the experiment.

Składnik Component	Pasza podstawowa Basic fodder	Pasza zmodyfikowana Modified fodder
Białko ogółem / Total protein [%]	19,1	18,5
Tłuszcz surowy / Raw fat [%]	2,8	2,3
Węglowodany / Carbohydrates [%]	63,8	65,5
Sucha masa / Dry matter [%]	91,8	92,3
Popiół ogółem / Total ash [%]	6,1	6,0
Energia brutto / Gross energy		
[kcal/g]	3,99	3,98
[kJ/g]	16,73	16,67
Energia metaboliczna / Metabolic energy		
[kcal/g]	3,57	3,57
[kJ/g]	14,95	14,94

Do picia zwierzęta grupy I i II otrzymywały odstaną wodę wodociągową, której ilość uzupełniano na bieżąco. Zwierzęta grupy III otrzymywały w porze wzmożonej aktywności 50 ml wodnego roztworu witamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> i kwasu nikotynowego, w ilościach: 2,163 mg tiaminy, 0,724 mg ryboflawiny, 2,898 mg pirydoksyny, 3,98 mg amidu kwasu nikotynowego w przeliczeniu na kg paszy, wyliczonych w stosunku do ilości spożywanej przez nie dziennie paszy. Ilość suplementowanych witamin 2–4-krotnie przekraczała różnicę pomiędzy ich zawartością w paszy podstawowej i zmodyfikowanej, co do pewnego stopnia imitowało sposób suplementowania się przez ludzi.

Doświadczenie trwało 6 tygodni, w trakcie których na bieżąco określano ilość spożytej paszy, a raz na tydzień kontrolowano masę ciała zwierząt. Po zakończeniu doświadczenia zwierzęta usypiano anestetykiem Ketanest, podanym domięśniowo w dawce 10 mg/kg masy ciała (Zezwolenie indywidualne nr 1/2004 Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach w Szczecinie). Następnie pobierano do analiz krew, wątrobę i mięśnie. Tłuszcz okołosercowy i okołojelitowy wypreparowywano na bieżąco, zaraz po uspieniu zwierząt, a jego ilość określano wagowo z dokładnością do 0,001 g.

W pobranej krwi i wątrobie oznaczano zawartość produktów peroksydacji lipidów (MDA) w reakcji z kwasem tiobarbiturowym [20], glutationu zredukowanego (GSH) oraz grup sulfhydrylowych (SH) metodą Ellmana [7]. W wypreparowanym tłuszczu okołonarządowym oznaczano skład kwasów tłuszczowych metodą wg normy ISO 5508: 1990. Analizy wykonywano przy użyciu chromatografu gazowego PU 4550 Philips, metodą badawczą w kolumnie szklanej (L = 2,1 m; średnica = 4 mm) i wypełnieniu GP3% SP-2310/2% SP-2300 na chromosorbie WAW 100/110 mesh (SUPELCO). Użyto detektora FID w temp. 250°C. Temperatura dozownika wynosiła 250°C, a kolumny 120°C przez 2 min, następnie rosła w tempie 12°C·min<sup>-1</sup> do końcowej temp. 225°C, utrzymywanej przez 20 min. Przepływ argonu wynosił 40 cm<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>.

W wątrobie i mięśniach oznaczano zawartość tłuszczu surowego metodą Soxhleta, przy użyciu aparatu Soxtec HT6, firmy Foss Tecator. Do analiz użyto mięśni łopatkowych i udowych szczurów (*m. latissimus dorsi*, *m. quadriceps femoris*, *m. biceps femoris*, *m. semimembranosus*, *m. adductor femoris*). Pobrane naważki były proporcjonalne do masy ciała szczura (4%).

Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu komputerowego programu statystycznego Statistica z zastosowaniem testu Duncana.



## Wyniki i dyskusja

Analizując przyrosty masy ciała stwierdzono, że zmiana składu diety i zastosowanie suplementacji sprzyjały większym, w przeliczeniu na 100 g spożytej paszy, przyrostom masy ciała w porównaniu ze zwierzętami żywionymi paszą podstawową. W grupie suplementowanej towarzyszyło temu istotnie większe odkładanie tłuszczu okołonarządowego, wątrobowego i śródmięśniowego (tab. 3).

Tabela 3

Przyrosty masy ciała oraz ilość okołonarządowej i śródmięśniowej tkanki tłuszczowej u szczurów żywionych dietą zróżnicowaną oraz suplementowaną witaminami z grupy B ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 36).

Increase rates in body weight and amounts of perivisceral, intramuscular, and hepatic fat tissue in rats fed a differentiated diet and a diet supplemented with B-vitamins ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 36).

Badana cecha Trait investigated	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III
Przyrosty masy ciała [g/100 g paszy] Increase rates in body weight [g/100 g fodder]	1,32 ± 0,47 <sup>a</sup>	2,23 ± 0,80 <sup>b</sup>	2,01 ± 0,77 <sup>b</sup>
Tłuszcz okołosercowy [g/100 g masy ciała] Pericardial fat [g/100 g body weight]	0,023 ± 0,006 <sup>a</sup>	0,017 ± 0,006 <sup>a</sup>	0,153 ± 0,039 <sup>b</sup>
Tłuszcz okołosercowy [g/100 g paszy] Pericardial fat [g/100 g fodder]	0,009 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,006 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,070 ± 0,007 <sup>b</sup>
Tłuszcz okołojelitowy [g/100 g masy ciała] Peri-intestinal fat [g/100 g body weight]	1,928 ± 0,366 <sup>a</sup>	1,715 ± 0,291 <sup>a</sup>	2,698 ± 0,636 <sup>b</sup>
Tłuszcz okołojelitowy [g/100 g paszy] Peri-intestinal fat [g/100 g fodder]	0,759 ± 0,138 <sup>a</sup>	0,631 ± 0,093 <sup>a</sup>	1,349 ± 0,239 <sup>b</sup>
Tłuszcz śródmięśniowy [%] Intramuscular fat [%]	8,45 ± 0,47 <sup>ab</sup>	8,33 ± 0,44 <sup>a</sup>	9,13 ± 0,02 <sup>b</sup>
Tłuszcz w wątrobie [%] Hepatic fat [%]	2,21 ± 0,22 <sup>ab</sup>	1,8 ± 0,62 <sup>a</sup>	2,69 ± 72 <sup>b</sup>

Objaśnienia: /Explanatory notes:

a,b, – wartości średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$ .

a,b, – mean values in a line denoted with different letters are significantly different,  $p \leq 0,05$ .

W organizmie proces lipogenezy polega przede wszystkim na przekształcaniu glukozy i takich związków pośredniej przemiany jak pirogronian, mleczan i acetylo-CoA w tłuszcz. U szczura szlak ten jest wyjątkowo aktywny w tkance tłuszczowej i w wątrobie. Cały proces lipogenezy kontrolowany jest stanem odżywienia, ale także składem diety, w tym przypadku zawierającej skrobię i sacharozę, które poprzez szybkie trawienie i uwalnianie większej ilości glukozy, wymuszały uwalnianie insuliny aktywującej karboksylazę acetylo-CoA odpowiedzialną za przekształcanie węglowodanów w acetylo-CoA.

Stwierdzono jednak, że powstający tłuszcz odkładał się nie tylko na obwodzie ciała zwierząt, ale gromadził również w postaci wisceralnej tkanki tłuszczowej i jako tłuszcz wewnątrznarządowy.

Aktualnie wiadomo już, że metaboliczna aktywność tkanki tłuszczowej, szczególnie tej odłożonej w jamie brzusznej, jest bardzo duża, i że z jej triacylogliceroli nieustannie uwalniają się kwasy tłuszczowe mające wpływ na wiele funkcji organizmu [1, 24]. Udowodniono również, że metaboliczne implikacje wzrostu zawartości tłuszczu wewnątrzbrzuszego mogą być istotne dla wystąpienia insulinooporności, cukrzycy typu 2 i/lub zaburzeń funkcji układu sercowo-naczyniowego [19, 24]. Walton i wsp. [29] wykazali, że otyłość androidalna jest dodatnio skorelowana ze stężeniem triacylogliceroli we krwi, i że gromadzenie wisceralnej tkanki tłuszczowej jest w większym stopniu odpowiedzialne za niekorzystne zmiany składników lipidowych krwi niż bezwzględna ilość tłuszczu w ciele. Obserwowany w przeprowadzonym doświadczeniu wzrost zawartości okołonarządowej tkanki tłuszczowej u suplementowanych samic mógł być związany z nadmiarem podawanej tiaminy. Tiamina biorąc udział w przemianach glukozy na drodze szlaku pentozofosforanowego, przyczynia się do wzrostu stężenia NADPH używanego do syntez redukujących, w tym do syntezy kwasów tłuszczowych i steroidów [18]. Obserwowane zmiany musiały również nasilać pobierane w nadmiarze kwas pantotenowy i biotyna [28].

W przeprowadzonym doświadczeniu obserwowano również wpływ składu diety i jej suplementacji na udział poszczególnych kwasów tłuszczowych w okołonarządowej tkance tłuszczowej (tab. 4). Stwierdzono wzrost zawartości monoenowych oraz spadek zawartości polienowych kwasów tłuszczowych.

Tabela 4

Zawartość kwasów tłuszczowych w okołonarządowej tkance tłuszczowej u szczurów żywionych dietą zróżnicowaną oraz suplementowaną witaminami z grupy B ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 36).

The composition of fatty acids in fat tissue of peri-organs in rats fed a differentiated diet and a diet supplemented with B-vitamins ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 36).

Rodzaj kwasu tłuszczowego Kind of fatty acid	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III
Kwasy tłuszczowe nasycone [%] / Saturated fatty acids [%]			
Mirystynowy (C14:0)	1,32 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,59 ± 0,35 <sup>a</sup>	1,39 ± 0,25 <sup>a</sup>
Palmitynowy (C16:0)	25,49 ± 2,10 <sup>a</sup>	23,72 ± 2,15 <sup>a</sup>	24,63 ± 2,21 <sup>a</sup>
Margarynowy (C17:0)	0,65 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,11 <sup>a</sup>
Stearynowy (C18:0)	3,41 ± 0,12 <sup>a</sup>	4,00 ± 0,25 <sup>b</sup>	3,71 ± 0,19 <sup>ab</sup>
Kwasy tłuszczowe monoenowe [%] / Monoenic fatty acids [%]			
Oleomirystynowy (C14:1)	0,21 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,05 <sup>a</sup>
Oleopalmitynowy (C16:1)	6,04 ± 0,32 <sup>a</sup>	6,05 ± 0,51 <sup>a</sup>	5,83 ± 0,49 <sup>a</sup>
Oleinowy (C18:1)	38,1 ± 4,02 <sup>a</sup>	40,3 ± 3,98 <sup>a</sup>	40,2 ± 4,23 <sup>a</sup>
Gadoleinowy (C20:1)	0,95 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,11 <sup>a</sup>	1,04 ± 0,17 <sup>a</sup>
Kwasy tłuszczowe polienowe [%] / Polyenic fatty acids [%]			
Linolowy (C18:2)	19,9 ± 1,30 <sup>a</sup>	17,9 ± 1,25 <sup>a</sup>	17,9 ± 1,17 <sup>a</sup>
Linolenowy (C18:3)	1,45 ± 0,07 <sup>b</sup>	1,20 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,58 ± 0,09 <sup>b</sup>
Eikozadienowy (C20:2)	0,30 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,03 <sup>b</sup>
Eikozatrienowy (C20:3)	0,10 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,02 <sup>b</sup>
Arachidonowy (C20:4)	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,35 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,42 ± 0,03 <sup>c</sup>
Eikozapentaenowy + dokozenowy (C20:5) + (C22:1)	0,07 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,09 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,02 <sup>b</sup>
Dokozapentaenowy (C22:5)	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,10 ± 0,02 <sup>c</sup>
Klupanodonowy (C22:6)	0,10 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,16 ± 0,02 <sup>b</sup>
Razem nasycone Total saturated	30,9 ± 2,03	29,8 ± 1,97	30,2 ± 2,13
Razem monoenowe Total monoenic acids	45,3 ± 2,83	47,7 ± 2,73	47,2 ± 3,65
Razem polienowe Total polyenic acids	22,1 ± 1,81	20,1 ± 2,31	20,7 ± 2,16

Objaśnienia jak w tab. 3 / Explanatory notes as in Tab. 3.

Uważa się, że skład kwasów tłuszczowych zawartych w triacyloglicerolach tkanki tłuszczowej odzwierciedla skład diety [27]. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że dieta zmodyfikowana sprzyjała sumarycznemu wzrostowi zawartości monoenowych oraz spadkowi zawartości polienowych kwasów tłuszczowych.

Zastosowana suplementacja wybranymi witaminami wywierała podobny efekt sumaryczny, jednak jej modyfikujący wpływ dotyczył innych kwasów tłuszczowych.. Zbliżony, do obserwowanego w przeprowadzonym doświadczeniu, efekt wpływu diety zawierającej fruktozę opisali również Fiebig i wsp. [9], którzy wykazali, że dieta taka powodowała w wątrobach badanych zwierząt wzrost zawartości kwasów palmitynowego i oleopalmitynowego oraz spadek zawartości kwasów polienowych. Chicco i wsp. [4] wykazali natomiast, że przy tego typu dietach tempo lipogenezy wzrasta 5-6-krotnie. Eder i Kirchgessner [6] uważają jednak, że za obserwowane zaburzenia elongacji i desaturacji odpowiedzialne są raczej niedobory cynku, jakie obserwuje się przy stosowaniu diet przetworzonych i oczyszczonych niż obecność fruktozy. Podobnie uważają Enomoto i wsp. [8], którzy wykazali wpływ niedoborów cynku na zmniejszanie zawartości kwasów polienowych, kompensowane wzrostem zawartości kwasów nasyconych i monoenowych.

Wydaje się jednak, że w przeprowadzonym doświadczeniu, na zmiany zawartości kwasów tłuszczowych, w tym NNKT, okołonarządowej tkanki tłuszczowej mógł mieć wpływ niedobór – w grupie na diecie zmodyfikowanej oraz nadmiar – w grupie suplementowanej, pirydoksyny. Bordoni i wsp. [2] oraz Tsuge i wsp. [26] wykazali, że przy niedoborach pirydoksyny dochodzi do zahamowania aktywności delta-6-desaturazy, która bezpośrednio odpowiedzialna jest za desaturację kwasu linolowego do gamma-linolenowego i dalej do arachidonowego, eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego, co objawia się wzrostem zawartości pierwszego i spadkiem zawartości ostatnich. W przeprowadzonym doświadczeniu nie obserwowano wzrostu zawartości kwasu linolowego, co mogło wynikać ze zmniejszonego jego spożycia z dietą, a w przypadku grupy suplementowanej dodatkowo ze stymulującego jego przemiany wpływu podanej pirydoksyny, ale i tu wpływ ten zaznaczył się istotnym wzrostem zawartości, w analizowanej tkance tłuszczowej, kwasów linolenowego (C18:3), arachidonowego (C20:4) i eikozapentaenowego (C20:5). Należy jednak stwierdzić, że związki przyczynowo-skutkowe przy wpływie składu diety i jej suplementacji na skład kwasów tłuszczowych są bardziej złożone. Wskazują na to m.in. wyniki badań prowadzonych przez Friedrich i Sadowską [11] na samcach i samicach szczura.

W przeprowadzonym doświadczeniu oprócz wyżej omówionych zmian obserwowano także statystycznie istotny wpływ składu diety i jej suplementacji witaminami na zawartość produktów peroksydacji lipidów (MDA) oraz zawartość GSH i SH, zarówno we krwi, jak i w wątrobie badanych zwierząt.

Organizm ma złożone układy przeciwutleniające chroniące go przed uszkadzającym działaniem wolnych rodników. Układy te działają synergicznie i wzajemnie się uzupełniają. W komórce za zapobieganie lub przerywanie łańcucha reakcji wolnorodnikowych odpowiedzialne są głównie układy przeciwutleniające, we

krwi rolę taką dodatkowo pełnią witaminy przeciwutleniające pochodzące z diety. Biorąc pod uwagę fakt, że istotne zmniejszenie zawartości GSH i SH oraz wzrost zawartości MDA obserwowano we krwi i w wątrobie, u zwierząt na diecie zmodyfikowanej i zmodyfikowanej suplementowanej witaminami trudno przypisać stwierdzone zmiany tylko obniżonemu, związanemu z zamianą składników diety, spożyciu przez zwierzęta witamin. Tym bardziej, że zastosowana suplementacja dodatkowo nasilała niektóre z niekorzystnych efektów obserwowanych u zwierząt na diecie zmodyfikowanej, ale nie suplementowanej. Wydaje się, że przyczyn obserwowanego zjawiska może być kilka.

Tabela 5

Zawartość glutationu zredukowanego (GSH) i grup sulfhydrylowych (SH) oraz produktów peroksydacji lipidów (MDA) u szczurów żywionych dietą zróżnicowaną oraz suplementowaną witaminami z grupy B ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 36).

Concentration levels of reduced glutathion (GSH), sulfhydryl compounds (SH), and lipid peroxidation products 'malondialdehyde' (MDA) in rats fed a differentiated diet and a supplemented diet with B-vitamins ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 36).

Badana cecha Trait investigated	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III	
GSH	Wątroba / Liver [ $\mu\text{mol/g}$ białka / protein]	$8,98 \pm 3,84^c$	$4,85 \pm 0,60^b$	$2,26 \pm 2,40^a$
	Krew / blood [ $\mu\text{mol/l}$ ]	$360 \pm 25^b$	$322 \pm 27^a$	$312 \pm 13^a$
SH	Wątroba / Liver [ $\mu\text{mol/g}$ białka / protein]	$47,1 \pm 10,0^b$	$26,2 \pm 3,27^a$	$33,5 \pm 9,90^a$
	Krew / blood [ $\mu\text{mol/l}$ ]	$600 \pm 132^b$	$248 \pm 40^a$	$281 \pm 109^a$
MDA	Wątroba / Liver [ $\mu\text{mol/g}$ białka / protein]	$0,011 \pm 0,004^a$	$0,038 \pm 0,010^c$	$0,027 \pm 0,009^b$
	Krew / blood [ $\mu\text{mol/ml}$ ]	$1,83 \pm 0,07^a$	$2,01 \pm 0,13^b$	$2,11 \pm 0,15^b$

Objaśnienia jak w tab. 3 / Explanatory notes as in Tab. 3.

Pierwszą z nich mogła być zmniejszona, w zmodyfikowanej diecie, ilość naturalnych przeciwutleniaczy, w tym witamin z grupy B, flawonoidów i polifenoli obecnych w pełnych ziarnach zbóż [15]. Drugą - skład diety, w której obecność sacharozy i białej mąki wymuszała wzrost stężenia glukozy i zwiększoną biosyntezę triacylogliceroli, co stwierdzono we wcześniejszych badaniach [12, 13]. Ponieważ powstające triacyloglicerole gromadziły się także w okołonarządowej tkance tłuszczowej, mogło to sprzyjać, jak wykazali w swoich badaniach Harrison i wsp. [16] oraz Heinecke i wsp. [17], powstawaniu wolnorodnikowych reakcji. W licznych badaniach wykazano również, że zwiększona zawartość tkanki tłuszczowej, w tym

wisceralnej, jest niezależnym czynnikiem wzrostu peroksydacji lipidów [21, 30]. Zwiększona oksydacja kwasów tłuszczowych osłabia reakcje tkanki wątrobowej na insulinę, co stymuluje glukoneogenezę, zwiększa produkcję glukozy i biosyntezę triacylogliceroli i cykl zamyka się.

## Wnioski

Zastosowana suplementacja diety witaminami z grupy B oraz jej modyfikacja polegająca na zastąpieniu ziarna pszenicy i kukurydzy mąką pszenną i sacharozą, sprzyjała:

- gromadzeniu tkanki tłuszczowej, w tym wisceralnej i wewnątrznarządowej,
- zmianie składu kwasów tłuszczowych wisceralnej tkanki tłuszczowej, w kierunku wzrostu zawartości monoenowych i zmniejszenia polienowych kwasów tłuszczowych,
- powstawaniu wolnych rodników, co manifestowało się istotnym zmniejszeniem stężenia glutationu zredukowanego we krwi i wątrobie oraz wzrostem stężenia produktów peroksydacji lipidów w krwi badanych szczurów.

## Literatura

- [1] Atzmon G., Yang X.M., Muzumdar R., Ma X.H., Gabriely J., Barzilai N.: Differential gene expression between visceral and subcutaneous fat depots. *Horm. Metab. Res.*, 2002, **34/11**, 622-628.
- [2] Bordoni A., Hrelia S., Lorenzini A., Bergami R., Cabrini R., Biagi P.L., Tolomelli B.: Dual influence of aging and vitamin B<sub>6</sub> deficiency on delta-6-desaturation of essential fatty acids in rat liver microsomes. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids*, 1998, **58 (6)**, 417-420.
- [3] Brzozowska A., Krzemiński K., Roszkowski W.: Use of vitamin and mineral supplements by the institutionalized elderly in Warsaw. *Żyw. Człow. Metab.*, 1994, **21 (3)**, 222-231.
- [4] Chicco A., D'Alessandro M.E., Karabatas L., Pastorale C., Basabe J.C., Lombardo Y.B.: Muscle lipid metabolism and insulin secretion are altered in insulin-resistant rats fed a high sucrose diet. *J. Nutr.*, 2003, **133 (1)**, 127-133.
- [5] Dziennik Ustaw z 2003 r., Nr 106, poz. 1002. ?
- [6] Eder K., Kirchgessner M.: Zinc depletion and the lipid composition of erythrocyte membrane of rats force-fed a diet containing linseed oil. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 1994, **71 (1)**, 39-47.
- [7] Ellman G.L.: Tissue sulfhydryl groups. *Arciv. Biochem. Biophys.*, 1959, **82 (1)**, 70-77.
- [8] Enomoto T.M., Isichei C., VanderJagt D.J., Fry D.E., Glew R.H.: Decreased polyunsaturated fatty acids in sickle cell anaemia. *J. Trop. Pediatr.*, 1998, **44 (1)**, 28-34.
- [9] Fiebig R., Griffiths M.A., Gore M.T., Baker D.H., Oscari L., Ney D.M., Ji L.L.: Exercise training down-regulates hepatic lipogenic enzymes in meal-fed rats: fructose versus complex-carbohydrate diets. *J. Nutr.*, 1998, **128 (5)**, 810-817.
- [10] Friedrich M., Sadowska J., Serwotka J.: Wpływ niekontrolowanej suplementacji diety witaminami i składnikami mineralnymi na ilość i rozmieszczenie tkanki tłuszczowej u szczura. *Mat. XVIII Nauk. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Farmaceutycznego*. Poznań 2001, s. 303.
- [11] Friedrich M., Sadowska J.: Effects of diet supplementation with B-complex vitamins on fatty tissue accumulation in rats. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2005, **14/55**, 189-194.

- [12] Friedrich M., Serwotka J.: Wpływ niekontrolowanej suplementacji diety składnikami mineralnymi na stężenie glukozy, lipidów i lipoprotein we krwi samic szczura. Mat. V Krajowych Warsztatów Żywieniowych. Poznań 2002, s. 54-55.
- [13] Friedrich M.: Effect of dietary carbohydrate source and type on the concentrations of lipolysis – enhancing hormones in rats. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **13/54**, 209-214.
- [14] Gawęcki J., Jeszka J.: Żywnienie człowieka. Ćwiczenia. PWN. Warszawa 1995, s. 255-260.
- [15] Goupy P., Hugues M., Boivin P., Amiot M.J.: Antioxidant composition activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds. J. Sci. Food Agric., 1999, **79**, 1625-1634.
- [16] Harrison D., Griendling K., Landmesser U., Horning B., Drexler H.: Role of oxidative stress in atherosclerosis. Am. J. Cardiol., 2003, **91 (3A)**, 7A-11A.
- [17] Heinecke J.: Oxidative stress: new approaches to diagnosis and prognosis in atherosclerosis. Am. J. Cardiol., 2003, **91 (3A)**, 12A-16A.
- [18] Inui H., Nakano Y.: Vitamin B1. Nippon Rinsho, 1999, **57 (10)**, 2187-2192.
- [19] Kim J.Y., Nolte L.A., Hansen P.A., Han D.H., Ferguson K., Thompson P.A., Holloszy J.L.: High-fat diet-induced muscle insulin resistance: relationship to visceral fat mass. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol., 2000, **279/6**, R2057-R2065.
- [20] Ohkawa H., Ohishi N., Yagi K.: Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Anal. Biochem., 1979, **95**, 351-358.
- [21] Olusi S.: Obesity is an independent risk factor for plasma lipid peroxidation and depletion of erythrocyte cytoprotective enzymes in humans. Int. J. Obes., 2002, **26 (9)**, 1159-1164.
- [22] Pietruszka B., Brzozowska A.: Use of nutritional supplements by the elderly living in the Marki near Warsaw in relation to dietary intake. Pol. J. Food Nutr. Sci., 1995, **4/45**, 71-80.
- [23] Pietruszka B., Brzozowska A.: Vitamin and mineral supplement use among adults in Central and Eastern Poland. Nutr. Res., 1999, **19 (6)**, 817-826.
- [24] Shimomura J., Funahashi T., Takahashi M., Maeda K., Kotani K., Nakamura T., Yamashita S., Miura M., Fukuda Y., Takemura K., Tokunaga K., Matsuzawa Y.: Enhanced expression of PAI-1 in visceral fat: possible contributor to vascular disease in obesity. Nat. Med., 1996, **2/7**, 800-803.
- [25] Sławiński T.: Zasady hodowli zwierząt laboratoryjnych. PWN. Warszawa 1981.
- [26] Tsuge H., Hotta N., Hayakawa T.: Effects of vitamin B-6 on (n-3) polyunsaturated fatty acid metabolism. J. Nutr., 2000, **130 (2) Suppl.**, 333S-334S.
- [27] Vessby B.: Dietary fat, fatty acid composition in plasma and the metabolic syndrome. Curr. Opin. Lipidol., 2003, **14 (1)**, 15-29.
- [28] Wahlberg G., Walldius G., Efendic S.: Effects of nicotinic acid on glucose tolerance and glucose incorporation into adipose tissue in hypertriglyceridaemia. Scand. J. Clin. Lab. Invest., 1992, **52 (6)**, 537-545.
- [29] Walton C., Lees B., Crook D., Worthington M., Godsland I.F., Stevenson J.C.: Body fat distribution, rather than overall adiposity, influences serum lipids and lipoproteins in healthy men independently of age. Am. J. Med., 1995, **99 (5)**, 459-464.
- [30] Wood L., Fitzgerald D.A., Gibson P.G., Cooper D.M., Garg M.L.: Increased plasma fatty acids concentrations after respiratory exacerbations are associated with elevated oxidative stress in cystic fibrosis patients. Am. J. Clin. Nutr., 2002, **75**, 668-675.



**THE EFFECT OF SUPPLEMENTING THE DIET WITH B VITAMINS ON THE  
COMPOSITION OF FATTY ACIDS IN A FAT TISSUE OF PERI-ORGANS AND ON THE  
PROCESSES OF FATTY ACID PEROXIDATION IN RAT**

S u m m a r y

In the experiment accomplished, there were investigated the effects of a diet composition and of a supplementing the diet with some selected B vitamins on the quantity, distribution, and composition of fatty acids in fat tissue of peri-organs, as well as on the concentration levels of peroxidation indicators in rat.

Three diets were applied in the experiment: I – basic diet consisting of a fodder containing, among other things, non-husked cereal grains; II – modified diet consisting of a fodder containing white flour and sucrose which replace a portion of non-husked cereal grains; III – modified diet supplemented with some selected B vitamins.

With regard to female rates fed a diet supplemented, it was stated that their growth rate was higher compared to the female rates fed a basic diet, however, this growth was comparable with the growth of female rates fed a modified, but non-supplemented diet. The increased rate of body weight in the supplemented group of animals was accompanied by an essentially higher accumulation of peri-organ, intramuscular and hepatic fat. Additionally, the supplementation applied stimulated a change in the fatty acid composition of a peri-visceral, adipose tissue; such a change aimed at increasing the amount of monoenic fatty acids, at decreasing the amount of polyenic fatty acids, and, finally, at forming free radicals. These phenomena were expressed by a significant decrease in the concentration of reduced glutathion, and in the increase in the concentration of products of lipid peri-oxidation in blood and liver of rats investigated.

**Key words:** supplementation, vitamins, fatty acids, rat ☒

TERESA LESZCZYŃSKA, RENATA BIEŻANOWSKA-KOPEĆ

**OCENA SPOSOBU ŻYWIENIA W GOSPODARSTWACH  
DOMOWYCH PROWADZONYCH PRZEZ OSOBY Z WYŻSZYM  
WYKSZTAŁCENIEM**

Streszczenie

Wśród członków gospodarstw domowych, prowadzonych przez osoby z wyższym wykształceniem, występowały błędy żywieniowe zbliżone do popełnianych przez inne subpopulacje. Polegały one na ogół na spożywaniu żywności zawierającej zbyt dużo tłuszczów, cholesterolu, sacharozy, fosforu i sodu. Stwierdzono równocześnie zbyt niską wartość energetyczną racji, niedobory węglowodanów, błonnika, witamin rozpuszczalnych w wodzie, potasu, wapnia, magnezu, miedzi i cynku, a w racjach grup żeńskich dodatkowo białka ogółem i żelaza. Pokrycie normy na witaminę A, E oraz mangan wśród wszystkich grup populacyjnych było pełne. Zadowalające było również spożycie białka oraz żelaza przez młodzież męską i mężczyzn. Jedynie w odniesieniu do niektórych składników odżywczych wykazano wpływ sezonowości podaży produktów żywnościowych na wielkość ich spożycia.

**Słowa kluczowe:** racje pokarmowe, zapis żywieniowy z ostatnich 24 godzin, wartość energetyczna, składniki pokarmowe

**Wprowadzenie**

Sposób żywienia kształtowany jest poprzez warunki społeczno-ekonomiczne, środowisko rodzinne, zwyczaje regionalne, a także świadomość żywieniową [7, 11, 15].

Wielu autorów donosi o błędach w sposobie żywienia różnych grup populacyjnych w kraju, polegających m.in. na nadmiernym spożyciu tłuszczów i węglowodanów, a tym samym na zbyt dużym pobraniu energii [1, 24, 26, 27, 28]. Nieprawidłowy sposób odżywiania, związany, poza wieloma czynnikami, z niskim poziomem edukacji, zwiększa ryzyko powstawania chorób cywilizacyjnych, tj. otyłości, chorób układu krążenia, zmian nowotworowych i innych [5, 6, 13, 14, 33, 34].

---

Badania niniejsze miały na celu ocenę pokrycia zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze przez członków gospodarstw domowych, w których osoba prowadząca gospodarstwo miała wyższe wykształcenie.

### **Materiał i metody badań**

Przedmiotem oceny były zapisy żywieniowe z ostatnich 24 godz. rodzin zamieszkujących w Krakowie i Wieliczce, uzyskane jesienią (525) i wiosną (504) z siedmiu kolejnych dni tygodnia. Badaną populację, którą zakwalifikowano jako wykazującą umiarkowaną aktywność fizyczną, podzielono na cztery podgrupy, tj. młodzież żeńską (20 i 21 osób odpowiednio jesienią i wiosną) i męską (13 i 8) w wieku 11-25 lat oraz kobiety (21 i 21) i mężczyzn (21 i 22) w wieku 26-60 lat. Zawartość składników pokarmowych w racjach pokarmowych obliczano korzystając z programu komputerowego Food 2.0, opracowanego przez IŻŻ w Warszawie. Spożycie białka, witamin, składników mineralnych (z wyjątkiem wyszczególnionych poniżej) odnoszono do wartości norm na poziomie bezpiecznego spożycia, miedzi do dolnej wartości zalecanego zakresu bezpiecznego spożycia, sodu i potasu do minimalnej normy spożycia [35]. Pobranie manganu odnoszono do dolnej wartości zakresu odpowiedniego, bezpiecznego spożycia [23]. Spożycie cholesterolu porównano z dopuszczalną wartością 300 mg/osobę/dobę, a błonnika do ilości zalecanej 30 g/osobę/dobę [35]. Przedstawione w tab. 1. i 2. zróżnicowane wartości norm w okresie jesiennym i wiosennym w przypadku trzech podgrup (młodzieży żeńskiej, męskiej i mężczyzn) wynikały stąd, iż nie były one jednorodne w dwóch wymienionych sezonach, co wpłynęło na zmienne wartości średnioważonej masy ciała (normy na energię i tłuszcze) i średnioważony wiek (m.in. normy na magnez).

Wielkość strat poszczególnych składników odżywczych obliczano na podstawie współczynników zawartych na liście nr 10 programu żywieniowego, wynoszące: wit. C – 55%, wit. B<sub>1</sub> – 20%, wit. B<sub>2</sub> – 15%, wit. PP – 15%, wit. B<sub>6</sub> – 10%, wit. A – 25%, wit. E – 10%, pozostałe składniki odżywcze – 10%. Wartości spożycia różniące się o  $\pm 10\%$  od wartości norm przyjęto za prawidłowe.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Wpływ sezonowości na istotność różnic ( $P < 0,05$ ) w pobraniu składników pokarmowych oceniano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji. Obliczano również odchylenie standardowe – SD i współczynnik zmienności – CV.

## Wyniki i dyskusja

Z analizy statystycznej wynika, że na ogół nie wykazywano istotnych różnic w spożyciu składników pokarmowych pomiędzy dwoma okresami badawczymi (tab. 1 i 2).

### *Energia oraz składniki podstawowe*

Średnia wartość energetyczna racji pokarmowej w grupie młodzieży żeńskiej pokrywała jesienią i wiosną odpowiednio 71 i 73%, a w populacji kobiet 66 i 70% zalecanej normy (tab. 1). Przeciętne dzienne pobranie energii z pożywienia przez chłopców (89 i 93%) i mężczyzn (73 i 86%) odpowiadało wyższemu procentowi realizacji normy, w porównaniu z pobraniem przez grupy żeńskie (tab. 2). Sposób żywienia badanej populacji charakteryzował się niedostatecznym pokryciem dziennego zapotrzebowania na białko ogółem wśród dziewcząt (o 27 i o 29%), kobiet (o 30 i o 34%) oraz mężczyzn w okresie wiosennym (o 26%). W pozostałych grupach męskich nie wykazano niedoborów białka w relacji do normy na poziomie bezpiecznego spożycia. Analiza udziału białka zwierzęcego w ogólnej ilości składnika wykazywała nadmierną jego podaż w przypadku racji kobiet (124%) i mężczyzn (179%) w okresie jesiennym oraz chłopców (161%) wiosną. Średnie spożycie tłuszczów oraz cholesterolu było na właściwym poziomie tylko wśród kobiet. W racjach pozostałych grup zawartość tych składników przekraczała dopuszczalne ilości. Najwyższe dzienne spożycie tłuszczów i cholesterolu wiosną przez młodzież męską stanowiło odpowiednio 150 i 179% ilości zalecanych. Spożycie węglowodanów ogółem we wszystkich analizowanych grupach nie pokrywało dziennego zapotrzebowania i stanowiło od 51% (kobiety wiosną) do 75% (młodzież męska wiosną) zalecanej normy. W ogólnej masie spożytych węglowodanów zawartość błonnika była również niedostateczna, bo wynosząca od 54% (w racjach żeńskich i mężczyzn wiosną) do 84% (w racjach chłopców jesienią) zalecanej ilości.

Dane literaturowe przedstawiają podobną, jak w niniejszej pracy [2, 9, 15, 19, 21], lub wyższą [8, 29] wartość energetyczną średniej dziennej racji pokarmowej poszczególnych badanych grup ludności. Niedostateczne spożycie białka wykazali również inni autorzy [2, 8, 9, 10, 12, 19] bądź nie wykazali niedoborów białka w racjach żadnej z badanych grup ludności [31]. W pożywieniu wszystkich badanych osób dominowała podaż białka zwierzęcego [21, 31]. Wysoka zawartość cholesterolu w diecie wiąże się bezpośrednio z wysokim spożyciem produktów zwierzęcych. Autorzy [15, 21] informują o właściwym spożyciu tłuszczów przez kobiety, przy jednoczesnym zbyt wysokim poziomie cholesterolu. Pietruszka i wsp. [21] stwierdzili natomiast zbyt wysoką zawartość obu składników w racjach pokarmowych mężczyzn. W przypadku dziewcząt średnie spożycie tłuszczów było zgodne z zaleceniami [9] lub niższe [19], a w przypadku chłopców przekraczało ilości określone normą [8, 19].

Zawartość cholesterolu w racjach młodzieży nie przekraczała wartości dopuszczalnej [9, 12] lub w racjach chłopców stwierdzano nadmierne jego ilości [8, 19]. Podobne dane informujące o niedostatecznym spożyciu węglowodanów ogółem i błonnika, zarówno przez młodzież, jak również przez osoby dorosłe, przedstawiają inni autorzy [2, 8, 9, 12, 15, 19, 21].

Tabela 1

Spożycie energii i składników pokarmowych przez młodzież żeńską i kobiety.  
Energy and nutrient intake by girls and women.

Rodzaj składnika Kind of component	Młodzież żeńska / Girls									
	$\bar{x}$		SD		CV [%]		Norma Recommended Daily Allowance		Realizacja normy [%] Percentage of Recommended Daily Allowance	
	J	W	J	W	J	W	J	W	J	W
Energia / Energy [kcal]	1742,0	1776,0	245,0	475	14	27	2462,0	2432,0	71	73
Białko ogółem / Total protein [g]	61,0	55,2	12,7	11,4	21	21	79,0	74,5	77	74
Białko zwierzęce / Animal protein [g]	38,1	35,1	11,3	10,3	30	29	44,3	34,5	86	102
Tłuszcze ogółem / Total fat [g]	71,9	74,6	22,9	23,0	32	31	63,0	65,0	114	115
Cholesterol / Cholesterol [mg]	352,0	341,0	92	90	26	26	300,0	300,0	117	114
Węglowodany ogółem [g] Total carbohydrate	236,0	232,9	82	70,8	35	30	391,0	394,8	60	59
Błonnik pokarmowy / Dietary fibre [g]	17,0	16,2	5,4	4,3	32	26	30,0	30,0	57	54
Sód / Sodium [mg]	1666,0	1661,0	443	458	27	28	554,0	561,0	301	296
Potas / Potassium [mg]	2379,0	1928,0*	749	466	31	24	3076,0	3114,0	77	62
Wapń / Calcium [mg]	558,0	487,0	185	148	33	30	1086,0	1100,0	51	44
Fosfor / Phosphorus [mg]	981,0	891,0	276	209	28	23	800,0	800,0	123	111
Magnez / Magnesium [mg]	228,0	196,0	48	57	21	29	280,0	276,0	81	71
Żelazo / Iron [mg]	10,2	8,7	3,4	2,0	33	23	14,0	14,1	73	61
Cynk / Zink [mg]	8,7	7,6	3,1	1,6	36	21	10,0	10,0	87	76
Miedź / Copper [mg]	0,95	0,81	0,52	0,20	55	25	1,73	2,07	55	39
Mangan / Manganese [mg]	4,09	3,8	1,62	1,4	40	35	3,50	3,5	117	110
Witamina A / Vitamin A [ $\mu$ g]	1073,0	728,0*	640	325	60	45	595,0	605,0	180	120
Witamina E / Vitamin E [mg]	9,3	8,6	3,2	2,6	34	31	7,9	7,9	118	108
Tiamina / Thiamine [mg]	0,87	0,80	0,25	0,24	28	30	1,55	1,55	56	51
Ryboflawina / Riboflavine [mg]	1,24	1,25	0,36	0,71	29	57	1,55	1,56	80	80
Niacyna / Niacin [mg]	11,1	9,3	2,6	3,0	23	32	18,3	18,4	61	50
Pirydoksyna / Pirydoxine [mg]	1,32	1,13	0,35	0,35	27	31	1,70	1,70	78	67
Witamina C / Vitamin C [mg]	50,8	28,9*	68,7	12,9	13 5	45	59,3	60,0	86	48
	Kobiety / Women									
Energia / Energy [kcal]	1678,0	1588,0	467	347	28	22	2400,0	2400,0	70	66
Białko ogółem / Total protein [g]	60,0	53,9	14	11,2	23	21	80,0	80,0	75	67
Białko zwierzęce / Animal protein [g]	37,1	33,3	9,7	8,7	26	26	30,0	30,0	124	111
Tłuszcze ogółem / Total fat [g]	63,0	63,7	18	19,7	29	31	62,0	62,0	102	103

c.d. Tab. 1

Cholesterol / Cholesterol [mg]	267,0	298,0	87	80	32	27	300,0	300,0	89	99
Węglowodany ogółem [g] Total carbohydrate	232,0	214,6	77	50,4	33	24	418,0	417,5	56	51
Błonnik pokarmowy / Dietary fibre [g]	16,5	16,3	4,8	3,9	29	24	30,0	30,0	55	54
Sód / Sodium [mg]	1724,0	1586,0	571	434	30	27	750,0	750,0	230	211
Potas / Potassium [mg]	2342,0	2012,0*	503	377	21	19	3500,0	3500,0	67	57
Wapń / Calcium [mg]	579,0	510,0	163	176	28	34	1100,0	1100,0	53	46
Fosfor / Phosphorus [mg]	991,0	887,0	240	238	24	27	800,0	800,0	124	111
Magnez / Magnesium [mg]	232,0	212,0	52	49	22	23	280,0	280,0	83	76
Żelazo / Iron [mg]	9,87	9,5	2,4	2,4	25	25	14,0	14,0	70	68
Cynk / Zink [mg]	8,4	7,7	2,1	1,5	25	20	10,0	10,0	84	77
Miedź / Copper [mg]	0,91	0,85	0,22	0,2	25	23	2,25	2,25	40	38
Mangan / Manganese [mg]	4,2	4,39	1,1	1,28	27	29	3,5	3,50	119	125
Witamina A / Vitamin A [µg]	622,0	630,0	175	223	28	35	600,0	600,0	104	105
Witamina E / Vitamin E [mg]	8,6	7,9	2,8	2,4	32	31	8,0	8,0	108	98
Tiamina / Thiamine [mg]	0,88	0,75*	0,25	0,16	29	22	1,70	1,70	52	44
Ryboflawina / Riboflavine [mg]	1,22	1,12	0,32	0,24	27	21	1,60	1,60	76	70
Niacyna / Niacin [mg]	11,6	9,0*	3,2	1,9	28	21	19,0	19,0	61	48
Pirydoksyna / Pyridoxine [mg]	1,30	1,01*	0,29	0,21	22	21	1,80	1,80	72	56
Witamina C / Vitamin C [mg]	39,8	31,7	25,2	16,9	63	53	60,0	60,0	66	53

Objaśnienia: / Explanatory notes:

J - okres jesienny/ autumn season; W - okres wiosenny/ spring season;

SD – odchylenie standardowe/ standard deviation; CV – współczynnik zmienności/ coefficient of variation;

\* - różnice w wartościach spożycia składników odżywczych w dwóch sezonach są statystycznie istotne/ differences among levels of nutrients consumption during two seasons are statistically significant

### Składniki mineralne

We wszystkich badanych grupach wykazano niewystarczające spożycie potasu (wyjątek młodzież męska), wapnia, magnezu, cynku i miedzi, a w grupie młodzieży żeńskiej i kobiet dodatkowo żelaza. Najbardziej deficytowymi składnikami mineralnymi spośród wymienionych powyżej były wapń i miedź. Spożycie wapnia z dietą kształtowało się na bardzo niskim poziomie, przy czym dziewczęta i kobiety pokrywały tylko połowicznie zalecaną normę (44–53% normy). Oszacowana średnia zawartość miedzi w racjach pokarmowych młodzieży żeńskiej i kobiet w porze wiosennej była najmniejsza (odpowiednio 39 i 38% normy), a grupy męskie realizowały tylko połowicznie zalecaną normę. Spożycie magnezu i cynku przez wszystkie badane grupy populacyjne zawierało się w przedziale 74–91% normy, natomiast spożycie żelaza w grupie chłopców i mężczyzn pokrywało normę w pełni, a w grupie dziewcząt i kobiet stanowiło jedynie 61–73% normy.

Tabela 2

Spożycie energii i składników pokarmowych przez młodzież męską i mężczyzn.  
Energy and nutrient intake by boys and men.

Rodzaj składnika Kind of component	Młodzież męska / Boys									
	$\bar{x}$		SD		CV [%]		Norma Recommended Daily Allowance		Realizacja normy [%] Percentage of Recommended Daily Allowance	
	J	W	J	W	J	W	J	W	J	W
Energia / Energy [kcal]	2535,0	2811,0	654	875	26	31	2855,0	3025,0	89	93
Białko ogółem / Total protein [g]	82,6	98,7	24,3	27,5	29	28	89,1	93,8	93	105
Białko zwierzęce / Animal protein [g]	48,3	68,3	18,4	22,9	38	34	44,1	42,5	110	161
Tłuszcz ogółem / Total fat [g]	103,7	127,6*	31,6	42,9	30	34	82,3	85,3	126	150
Cholesterol / Cholesterol [mg]	438,0	538,0	169	215	38	40	300,0	300,0	146	179
Węglowodany ogółem [g] Total carbohydrate	340,3	338,0*	83,5	116	25	34	490,5	451,9	69	75
Błonnik pokarmowy / Dietary fibre [g]	24,7	22,4	8,1	6,8	32	30	30,0	30,0	82	75
Sód / Sodium [mg]	2556,0	3228,0	839	1392	33	43	605,0	566,0	423	571
Potas / Potassium [mg]	2867,0	2928,0	808	800	28	27	2691,0	3125,0	107	94
Wapń / Calcium [mg]	706,0	775,0	231	195	33	25	1045,0	1100,0	67	70
Fosfor / Phosphorus [mg]	1300,0	1381,0	378	328	29	24	800,0	800,0	163	173
Magnez / Magnesium [mg]	274,0	279,0	77	65	28	23	305,0	341,0	90	82
Żelazo / Iron [mg]	14,1	14,6	3,6	5,5	26	37	11,3	11,4	125	128
Cynk / Zinc [mg]	11,3	12,7	2,8	3,5	25	28	13,3	14,0	85	91
Miedź / Copper [mg]	1,07	1,22	0,25	0,36	23	29	1,89	2,06	57	59
Mangan / Manganese [mg]	4,23	4,37	1,78	1,25	42	29	3,50	3,50	121	125
Witamina A / vitamin A [ $\mu$ g]	886,0	943,0	230	335	26	36	683,0	638,0	130	148
Witamina E / Vitamin E [mg]	10,1	11,3	2,3	4,1	22	36	9,3	8,8	108	130
Tiamina / Thiamine [mg]	1,24	1,23	0,38	0,34	31	28	1,15	1,69	82	73
Ryboflawina / Riboflavine [mg]	1,59	1,78	0,51	0,48	32	27	1,95	2,23	81	80
Niacyna / Niacin [mg]	14,2	14,7	4,1	3,9	29	27	19,2	21,1	74	69
Pirydoksyna / Pridoxine [mg]	1,75	1,67	0,53	0,42	30	25	2,04	2,15	86	77
Witamina C / Vitamin C [mg]	37,9	48,3	13,7	21,4	36	44	58,6	60,0	65	81

c.d. Tab. 2



	Mężczyźni / Men									
Energia / Energy [kcal]	2420,0	1776,0	425	475	18	27	2800,0	2432,0	86	73
Białko ogółem / Total protein [g]	85,8	55,2	16,1	11,4	19	21	85,0	74,5	101	74
Białko zwierzęce / Animal protein [g]	53,7	35,0	13,8	10,3	26	29	30,0	34,5	179	102
Tłuszcz ogółem / Total fat [g]	95,5	74,6	23,9	23,0	25	31	78,0	65,0	122	115
Cholesterol / Cholesterol [mg]	388,0	341,0	139	90,0	36	26	300,0	300,0	129	114
Węglowodany ogółem / Total carbohydrate [g]	324,5	232,9	57,0	70,8	18	30	472,5	394,8	69	59
Błonnik pokarmowy / Dietary fibre [g]	22,4	16,2	4,2	4,3	19	26	30,0	30,0	75	54
Sód / Sodium [mg]	2906,0	2567,0	745	723	26	28	575,0	575,0	505	446
Potas / Potassium [mg]	2815,0	2397,0*	455	424	16	18	3500,0	3500,0	80	68
Wapń / Calcium [mg]	655,0	585,0	153	178	23	30	800,0	800,0	82	73
Fosfor / Phosphorus [mg]	1316,0	1166,0	241	262	18	22	650,0	650,0	202	179
Magnez / Magnesium [mg]	290,0	259,0	50	58	17	23	350,0	350,0	83	74
Żelazo / Iron [mg]	12,9	12,3	2,1	3,9	16	32	11,0	11,0	118	112
Cynk / Zinc [mg]	11,7	10,6	2,3	2,0	20	19	14,0	14,0	84	76
Miedź / Copper [mg]	1,13	1,0*	0,19	0,19	17	19	2,25	2,25	50	44
Mangan / Manganese [mg]	5,1	5,17	1,4	1,51	28	29	3,5	3,5	147	148
Witamina A / vitamin A [µg]	672,0	777,0	146	257	22	33	700,0	700,0	96	111
Witamina E / Vitamin E [mg]	11,6	10,2	3,1	3,1	27	31	10,0	10,0	116	102
Tiamina / Thiamine [mg]	1,27	1,11	0,3	0,35	24	31	1,8	1,8	71	62
Ryboflawina / Riboflavine [mg]	1,46	1,38	0,24	0,32	17	23	2,4	2,4	61	58
Niacyna / Niacin [mg]	16,1	14,8	3,2	4,9	20	33	21,0	21,0	76	71
Pirydoksyna / Pridoxine [mg]	1,74	1,46	0,24	0,36	14	25	2,2	2,2	79	66
Witamina C / Vitamin C [mg]	29,2	23,8	11,8	7,2	40	30	60,0	60,0	49	40

Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Normę spożycia sodu przekroczone ponad czterokrotnie w grupach męskich oraz dwukrotnie w grupach żeńskich.

Ocena sposobu żywienia młodzieży wskazuje na niskie spożycie wapnia, miedzi, magnezu oraz żelaza [4, 8, 9, 17, 20, 30]. Inni autorzy informują również o podobnych lub mniejszych niedoborach wapnia wśród młodzieży [10, 18, 22] oraz dorosłych [15, 21]. Podobne niedobory miedzi (o 60%), jak przedstawiono w niniejszej pracy, wykazał Szajkowski [29] w całodziennych racjach pokarmowych młodzieży szkolnej. Zawartości sodu w racjach pokarmowych młodzieży szkolnej [22], jak również kobiet i mężczyzn [21, 32] przekraczały znacznie ilości zalecane.

#### Witaminy

Ilości poszczególnych witamin rozpuszczalnych w wodzie, spożytych z racjami pokarmowymi, nie pokrywały zalecanych norm na poziomie bezpiecznego spożycia. Najmniejsze spożycie tiaminy stwierdzono w grupie kobiet i młodzieży żeńskiej (odpowiednio 44 i 56% zalecanej normy), zaś ryboflawiny największe w przypadku młodzieży obojga płci (ok. 80% normy). Spożycie innych witamin z grupy B. tj.

niacyny i pirydoksyny zawierało się odpowiednio w przedziale od 48% (w przypadku kobiet, wiosną) do 76% (w przypadku mężczyzn, jesienią) oraz od 56% (kobiety, wiosną) do 86% (chłopcy, jesienią).

Zakres spożycia witaminy C był najszerszy i stanowił w badanych grupach od 49% (mężczyźni) do 86% (dziewczeta) zalecanej normy jesienią oraz od 40% (mężczyźni) do 81% (chłopcy) wiosną. Stwierdzone zawartości witamin A i E w racjach pokarmowych wszystkich badanych grup umożliwiały całkowite pokrycie normy.

Ocena sposobu żywienia ludności w kraju, przeprowadzona przez innych autorów, najczęściej wskazuje, podobnie jak w niniejszej pracy, na niskie spożycie witamin z grupy B oraz witaminy C [3, 7, 10, 11, 18, 20, 22, 23, 25, 29]. Stwierdzano równocześnie wysoką podaż w racjach pokarmowych witaminy A i E [19, 20], bądź zgodną z zaleceniami [11, 17, 18, 19, 30].

### **Wnioski**

1. We wszystkich grupach populacyjnych występowały błędy żywieniowe, polegające najczęściej na zbyt niskiej wartości energetycznej racji pokarmowych, niedoborach węglowodanów, błonnika, białka ogółem (w grupach żeńskich) oraz zbyt wysokiej podaży tłuszczów, cholesterolu, sodu i fosforu.
2. Stwierdzono równocześnie niedobory witamin rozpuszczalnych w wodzie, niektórych składników mineralnych, tj. miedzi, wapnia, magnezu, a w racjach grup żeńskich dodatkowo żelaza.
3. Pokrycie normy na witaminy A i E oraz mangan było pełne wśród wszystkich grup populacyjnych.
4. Błędy żywieniowe występujące w populacji badanych rodzin, w których gospodyni miała wykształcenie wyższe, były zbliżone do popełnianych wśród innych grup społecznych.
5. Różnice w wartościach spożycia potasu, witaminy A i witaminy C w grupie młodzieży żeńskiej, potasu, tiaminy, niacyny i pirydoksyny wśród kobiet, tłuszczów i węglowodanów ogółem w grupie młodzieży męskiej oraz potasu i miedzi wśród mężczyzn w dwóch analizowanych sezonach były statystycznie istotne.

### **Literatura**

- [1] Casey P.H., Szeto K.L., Robbins J.M., Stuff J.E., Connell C.L., Gossett J.M., Simpson P.M.: Child health-related quality of life and household food security. Arch Pediat. Adol Med., 2005, **159**, 51-56.

- [2] Duda G., Gertig H., Maruszewska M., Kulesza C., Przysławski J., Purczyński A., Szajkowski Z., Ucińska D.: Ocena całodziennych racji pokarmowych młodzieży szkół ponadpodstawowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1999, **32**, 319-325.
- [3] Duda G., Maruszewska M., Przysławski J.: Wartość odżywcza całodziennych racji pokarmowych dzieci szkolnych. Cz. II. Witaminy. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1998, **31**, 107-113.
- [4] Dziuda R., Trafalska E., Paradowska-Stankiewicz I.: Spożycie wybranych składników odżywczych, a ryzyko zagrożenia chorobami cywilizacyjnymi w wybranej grupie młodzieży. *Żyw. Człow. Met.*, 2000, **Supl. I**, 220-222.
- [5] Gutiérrez-Fisac J.L., Regidor E., Rodríguez C.: Trends in obesity differences by educational level in Spain. *J. Clin. Epidemiol.*, 1996, **49**, 351-354.
- [6] Gutiérrez-Fisac J.L., Regidor E., Banegas Banegas J.R., Rodríguez Artalejo F.: The size of obesity differences associated with educational level in Spain, 1987 and 1995/97. *J. Epidemiol. Community Health*, 2002, **56**, 457-460.
- [7] Gutkowska K.: Zróżnicowanie poziomu i struktury spożycia żywności w różnych typach gospodarstw domowych. *Żyw. Człow. Metab.*, 2003, **33**, 46-52.
- [8] Iłow R., Regulaska-Iłow B., Szymczak J.: Ocena sposobu żywienia chłopców ze szkół średnich z Głogowa i Lubina. Część II. Ocena ilościowa. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1999, **32 (1)**, 43-50.
- [9] Iłow R., Regulaska-Iłow B., Szymczak J.: Ocena sposobu żywienia dziewcząt ze szkół średnich z Głogowa i Lubina. Część II. Ocena ilościowa. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1999, **32 (1)**, 27-33.
- [10] Jeszka J., Kostrzewa-Tarnowska A., Człapka-Matyasik M.: Ocena stanu odżywienia, sposobu żywienia i bilansu energetycznego wybranej grupy młodzieży szkolnej. *Żyw. Człow. Met.*, 2000, **27**, 37-40.
- [11] Jeżewska-Zychowicz M.: Czynniki warunkujące współczesne zachowania żywieniowe w opinii kobiet. *Żyw. Człow. Met.*, 1998, **4**, 379-385.
- [12] Krechniak A., Zaborski L.: Ocena wartości odżywczej całodziennych racji pokarmowych młodzieży akademickiej. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1999, **32 (1)**, 169-17.
- [13] Manios Y., Moschandreas J., Hatzis C., Kalatos A.: Health and nutrition education in primary schools of Recte: changes in chronic disease risk factors following a 6-year intervention programme. *Br. J. Nutr.*, 2002, **88 (3)**, 315-324.
- [14] Martinez J.A., Kearney J.M., Kafatos A., Paquet S., Martinez-Gonzalez M.A.: Variables independently associated with self-reported obesity in the European Union. *Public Health Nutr.*, 1999, **2**, 125-133.
- [15] Narojek L.: Charakterystyka sposobu żywienia kobiet z rodzin warszawskich w latach 90. *Żyw. Człow. Metab.*, 1998, **25**, 246-260.
- [16] Narojek L.: Społeczno-kulturowe uwarunkowania żywienia. *Żyw. Człow. Metab.* 1992, **19**, 1, 26.
- [17] Nazarewicz R., Babicz-Zielińska E., Oleradzka J.: Ocena sposobu żywienia dziewcząt na podstawie wywiadu z ostatnich 24 godzin. *Żyw. Człow. Metab.*, 2000, **Supl I**, 197-200.
- [18] Ołtarzewski M., Szponar L., Rychlik E.: Spożycie wapnia wśród dzieci i młodzieży w Polsce. *Żyw. Człow. Met.*, 2003, **30**, 278-283.
- [19] Ostrowska A., Szewczyński J., Gajewska M.: Wartość odżywcza całodziennych racji pokarmowych uczniów szkół średnich z województwa mazowieckiego. Cz. I. Składniki podstawowe. *Żyw. Człow. Met.*, 2003, **30**, 362-366.
- [20] Ostrowska A., Szewczyński J., Gajewska M.: Wartość odżywcza całodziennych racji pokarmowych uczniów szkół średnich z województwa mazowieckiego. Cz. II. Składniki mineralne i witaminy. *Żyw. Człow. Met.*, 2003, **30**, 367-371.
- [21] Pietruszka B., Brzozowska A., Puzio-Dębska A.: Ocena sposobu żywienia osób dorosłych w trzech wybranych wsiach województw warszawskiego, radomskiego i białskopodlaskiego. *Roczn. PZH*, 1998, **49**, 219-229.

- [22] Przysiężna E., Klisz P., Orkus A.: Oszacowanie zawartości składników mineralnych w racjach pokarmowych młodzieży szkolnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **1 (30)**, 132-140.
- [23] Recommended Dietary Allowances. Food and Nutrition Board, National Research Council, National Academy of Science, Washington 1989, D.C.
- [24] Schröder H., Marrugat J., Vila J., Covas M.I., Elosua R.: Adherence to the traditional Mediterranean diet is inversely associated with Body Mass Index and obesity in a Spanish population. *J. Nutr.*, 2004, **134**, 3355-3361.
- [25] Stopnicka B., Szarnej I.K.: Ocena jakości indywidualnego żywienia dzieci, młodzieży szkół ponadpodstawowych i młodzieży akademickiej województwa podlaskiego na przestrzeni lat 1966-2000. *Żyw. Człow. Met.*, 2001, **Supl.**, 562-566.
- [26] Stookey, J.D.: Energy density, energy intake and weight status in a large free-living sample of Chinese adults: exploring the underlying roles of fat, protein, carbohydrate, fiber and water intakes. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2001, **55**, 349-359.
- [27] Stuff J.E., Casey P.H., Szeto K.L., Gossett J.M., Robbins J.M., Simpson P.M., Connell C.L., Bogle M.L.: Household food insecurity is associated with adult health status. *J. Nutrition*, 2004, **134**, 2330-2335.
- [28] Stuff J.E., Horton J.A., Bogle M.L., Connell C., Ryan D., Zaghoul S., Thornton A., Simpson P., Gossett J., Szeto K.: Lower Mississippi Delta Nutrition Intervention Research Consortium. High prevalence of food insecurity and hunger in households in the rural Lower Mississippi Delta. *J. Rural Health*. 2004, **20 (2)**, 173-180.
- [29] Szajkowski Z.: Badania nad zawartością i wzajemnymi relacjami wybranych składników mineralnych w całodziennych racjach pokarmowych wytypowanych populacji z regionu Wielkopolski. Część II. Zawartość i wzajemne relacje między Zn i Cu. *Żyw. Człow. Met.*, 1996, **23**, 66.
- [30] Szponar L., Ołtarzewski M., Rychlik E.: Zawartość wybranych witamin i składników mineralnych w całodziennym pożywieniu Polaków *Żyw. Człow. Met.*, 2002, **Supl.**, 114-118.
- [31] Szponar L., Ołtarzewski M., Rychlik E.: Energia i białko w całodziennym pożywieniu różnych grup ludności w Polsce. *Żyw. Człow. Met.*, 2003, **30**, 113-119.
- [32] Śmigiel-Papinska D., Krejpcio Z., Przysławski J., Gawęcki J.: Assessment of Nutritional Value of Daily Food Rations taken by inhabitants of the Wielkopolska Region Concerning Sodium and Potassium Intake. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2002, **11/52 (3)**, 83-86.
- [33] Waśkiewicz A., Sygnowska E., Szcześniewska D.: Wpływ poziomu wykształcenia na żywienie wybranych grup ludności w 10-letnim okresie obserwacji – badanie Pol-Monica Warszawa. *Żyw. Człow. Met.*, 2000, **27**, 219-237.
- [34] Winkleby M.A., Jatulis D.E., Frank E., Fortmann S.P.: Socioeconomic status and health: how education, income, and occupation contribute to risk factors for cardiovascular disease. *Am. J. Public Health*, 1992, **82**, 816-820.
- [35] Ziemiański S. (red.). Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Wyd. Lek. PZWL. Warszawa 2001.

**ASSESSMENT OF FOOD CONSUMPTION PATTERNS IN HOUSEHOLDS LEADED BY PEARSONS WITH UNIVERSITY EDUCATION**

### S u m m a r y

Diet mistakes among members of households run by university educated people were close to diet mistakes usually occurring in other sub-populations. Those diet mistakes usually consisted in eating food products containing too many fats, cholesterol, saccharose, phosphorus, and sodium. At the same time, it was noted that the caloric value of common food rations was too low, and that the following components were deficient in food rations: carbohydrates, fibre, water-soluble vitamins, potassium, calcium, magnesium, copper, and zinc; as for women, it was additionally stated that total animal protein and iron were deficient in their diets. All the subpopulation groups fully met the Recommended Dietary Allowances (RDA) with regard to vitamin A, E and manganese. Boys and men supplied their bodies with sufficient quantities of protein and iron. Only for some nutrients, there was evidenced that the seasonal character of food products supply impacted the level of their consumption and intake.

**Key words:** die rations, recent 24-hour dietary records, caloric value, nutrients ☒

TERESA LESZCZYŃSKA, JOANNA KAPUSTA, MIROSŁAW PYSZ

## **OCENA SPOSOBU ŻYWIENIA LUDNOŚCI WYBRANYCH GOSPODARSTW WIEJSKICH**

### **Streszczenie**

W pracy dokonano oceny pokrycia zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze przez ludność wybranych gospodarstw wiejskich (chłopcy, mężczyźni, kobiety). Wykazano, że racje pokarmowe badanej populacji nie spełniły wymogów racjonalnego żywienia. Średnia wartość energetyczna racji kształtowała się na prawidłowym poziomie. Pokrycie zapotrzebowania na białko ogółem w przypadku kobiet i chłopców było niewystarczające, natomiast mężczyźni spożywali ten składnik we właściwej ilości. Tłuszcze spożywano w odpowiedniej ilości, natomiast cholesterol w nadmiarze. Udział węglowodanów ogółem i błonnika był niewystarczający, szczególnie w przypadku racji pokarmowych kobiet. Składniki mineralne, tj. wapń, miedź, magnez i cynk (w przypadku kobiet i mężczyzn), żelazo i potas (w przypadku kobiet) również dostarczano do organizmu w niedostatecznej ilości. Pobranie sodu i fosforu znacznie przewyższało zalecaną normę. W dietach poszczególnych grup odnotowano duży niedobór witamin z grupy B i wit. C (zwłaszcza w racjach kobiet) oraz ilości witaminy A i wit. E pozwalające na pełne pokrycie normy.

**Słowa kluczowe:** racje pokarmowe, zapis żywieniowy z ostatnich 24 godzin, składniki odżywcze, dzienne spożycie, pokrycie norm żywienia, mieszkańcy gospodarstw wiejskich

### **Wprowadzenie**

Życie człowieka jest ściśle związane ze spożywaniem i przyswajaniem pokarmu. Prawidłowe żywienie polega na dostarczeniu organizmowi, zgodnie z jego zapotrzebowaniem fizjologicznym, odpowiedniej ilości energii i składników pokarmowych zapewniających optymalny rozwój psychofizyczny i zachowanie zdrowia. Dieta uboga w składniki mineralne, witaminy, białka, błonnik, a zasobna w nadmierną ilość energii, tłuszczów, zwłaszcza nasyconych oraz węglowodanów prostych, a także soli jest główną przyczyną schorzeń powstających na tle nieprawidłowego żywienia [8, 13, 20]. Model żywieniowy uwzględniający obfitość produktów pochodzenia roślinnego, w tym również dieta śródziemnomorska, może wykazywać ochronne działanie w stosunku do rozwoju niektórych chorób [3, 11].

Sposób żywienia ludności w gospodarstwach domowych w kraju [15] i za granicą [5, 8, 10, 12, 13, 17], podobnie jak innych grup ludności, odbiega od zasad racjonalnego żywienia.

Celem niniejszej pracy była ocena pokrycia zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze przez ludność wybranych gospodarstw wiejskich.

### **Materiał i metody badań**

Badania wykonano wśród rodzin zamieszkałych w gospodarstwach wiejskich zlokalizowanych w gminie Baranów Sandomierski (woj. podkarpackie), w okresie letnio-jesiennym i zimowo-wiosennym w 2003 roku. Ocenę sposobu żywienia przeprowadzono na podstawie 714 zapisów żywieniowych z ostatnich 24 godz., wykonywanych przez 7 kolejnych dni tygodnia, w wytypowanych w sposób losowy 14 gospodarstwach. Badana populacja liczyła 52 osoby (25 dziewcząt i kobiet oraz 26 chłopców i mężczyzn), w wieku od 11 do 66 roku życia. Masa ciała badanej populacji zawierała się w granicach od 38 do 102 kg. Przeprowadzono również ankiety personalne, które zawierały następujące dane: wiek, masę ciała, wzrost, płeć, stan fizjologiczny i miejsce zamieszkania. Populację ostatecznie podzielono na cztery grupy: dziewczęta 11–18 lat, chłopcy 11–18 lat, kobiety powyżej 19 lat, mężczyźni powyżej 19 lat. Pierwszą grupę ze względu na niską liczebność pominięto w ocenie sposobu żywienia.

Wartość odżywcza racji pokarmowych obliczano, stosując program komputerowy FOOD 2.0. W celu opracowania stopnia pokrycia zapotrzebowania na poszczególne składniki posłużono się „Normami żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy” [20]. Spożycie składników (z wyjątkiem wyszczególnionych poniżej) porównano z normami na poziomie bezpiecznego spożycia. Poziom miedzi porównano do dolnej granicy zakresu bezpiecznego spożycia, sodu i potasu do minimalnej normy spożycia. Spożycie cholesterolu odnoszono do dopuszczalnej ilości 300 mg/osobę/dobę, a błonnika do zalecanej ilości 30 g/osobę/dobę. Średnią wartość pobrania wymienionych składników oraz procent realizacji normy obliczano uwzględniając podział na poszczególne grupy. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Oceniono wpływ czynnika, jakim jest sezonowość, na istotność różnic w pobraniu składników pokarmowych. Obliczono również odchylenie standardowe – SD oraz współczynnik zmienności – CV.

### **Wyniki i dyskusja**

Z analizy statystycznej wynika, że wykazano niewiele istotnych różnic w spożyciu składników pomiędzy dwoma okresami badawczymi, stąd też przedstawione poniżej wyniki pokrycia norm w dwóch porach roku cytowano również jako wartości średnie. Na wykazaną nieistotność różnic w spożyciu składników wpłynęły prawdopodobnie wysokie współczynniki zmienności powtórzeń względem średnich wartości (tab. 1 i 2).



*Energia i składniki podstawowe*

Jak wynika z rys. 1, średnioważona norma energii zalecana dla chłopców i mężczyzn została zrealizowana odpowiednio w 86 i 98%. Dzienny poziom spożycia energii zarówno przez chłopców, jak i przez mężczyzn w poszczególnych porach roku wynosił odpowiednio 90 i 99% w okresie jesiennym oraz 83 i 97% w okresie wiosennym. W przypadku kobiet średnioważona norma na energię została pokryta w 91%, przy wartościach 93% w okresie jesiennym i 89% w okresie wiosennym.

Średnioważona norma zapotrzebowania na białko ogółem przez chłopców i mężczyzn (rys. 1) została zrealizowana odpowiednio w 81 i 109%. Wśród chłopców pokrycie normy na ten składnik wynosiło 82% w okresie jesiennym i 83% w okresie wiosennym, natomiast u mężczyzn wynosiło odpowiednio 112 i 107%. Chłopcy zrealizowali normę na białko pochodzenia zwierzęcego w 97%, natomiast mężczyźni dwukrotnie ją przekroczyli. Wśród kobiet (rys. 1) stopień realizacji normy na białko ogółem wyniósł średnio jedynie 77% (77% w okresie jesiennym, 78% w wiosennym). Natomiast białko zwierzęce stanowiło 131% ilości zalecanej w okresie jesiennym oraz 144% w okresie wiosennym.

Średnia wartość spożycia tłuszczów ogółem w analizowanych sezonach odpowiadała pełnej realizacji normy przez chłopców, mężczyzn i kobiety wynoszącej kolejno 101, 94 i 107% (rys. 1). W racjach pokarmowych chłopców i mężczyzn poziom cholesterolu wyniósł średnio 128 i 161% wartości dopuszczalnej, natomiast w przypadku racji kobiet – 112%. Spożycie cholesterolu z analizowanymi dietami było zatem nawet półtorakrotnie wyższe od zalecanego.

Najniższą wartość spożycia węglowodanów ogółem stwierdzono wiosną: 64% pokrycia zapotrzebowania przez chłopców, 82% przez mężczyzn i tylko 65% przez kobiety (tab. 1, 2 oraz rys. 1). Znaczne niedobory węglowodanów w racjach pokarmowych zaobserwowano również jesienią: 70% pokrycia normy chłopców, 84% normy mężczyzn oraz 65% normy kobiet. Pokrycie zapotrzebowania na błonnik również odbiegało od zaleceń. W przypadku chłopców wynosiło średnio 76%, mężczyzn 83%, a kobiet niewiele ponad 50%.

Odsetek populacji realizujący normę poniżej 66,7% w przypadku węglowodanów ogółem oraz błonnika wyniósł kolejno (tab. 3): w przypadku młodzieży męskiej – 55 i 40%, kobiet – 65 i 83% oraz mężczyzn – 9 i 19%. Również 10% kobiet oraz 25% młodzieży męskiej zrealizowało normę spożycia białka ogółem poniżej 66,7%. W tej ostatniej grupie niedostateczne spożycie energii (także poniżej 66,7% normy) wykazało 10% badanych.

## Tabela 1

Spożycie składników odżywczych z całodziennymi racjami pokarmowymi przez młodzież męską i mężczyzn.

Intake of nutrients with daily food rations by boys and men.

Rodzaj składnika Kind of component	Młodzież męska / Boys						Mężczyźni / Men					
	$\bar{x}$		SD		CV [%]		$\bar{x}$		SD		CV [%]	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Energia / Energy [kcal]	2499,0	2279,6	512,0	385,0	20	17	2573,6	2519,8	433,0	355,0	17	14
Białko ogółem [g] Total protein	76,2	76,3***	22,3	14,7	29	19	94,5	90,2	18,1	15,4	19	17
Białko zwierzęce [g] Animal protein	44,6	48,3	15,0	13,8	34	29	62,6	58,4	16,3	12,7	26	22
Tłuszcze ogółem [g] Total fat	99,0	85,1	18,2	23,8	18	28	98,4	94,3	26,0	18,7	26	20
Cholesterol [mg] Cholesterol	386,2	380,3	219,0	145,0	57	38	473,3	495,0	166,0	177,0	35	36
Węglowodany ogółem [g] Total carbohydrate	348,6	320,1	79,9	69,9	23	22	358,2	349,6	59,6	62,4	17	18
Błonnik pokarmowy [g] Dietary fibre	25,2	20,6	7,6	6,1	30	30	25,3	24,8	5,8	6,0	23	24
Sód / Sodium [mg]	3040,8	2647,6	735,0	664,0	24	25	3388,4	3235,0	951,0	876,0	28	27
Potas / Potassium [mg]	3354,2	2756,3	710,0	682,0	21	25	3462,2	3377,2	735,0	985,0	21	28
Wapń / Calcium [mg]	606,8	588,6	271,0	185,0	45	31	694,8	586,0	208,0	181,0	30	31
Fosfor / Phosphorus [mg]	1288,9	1185,8	451,0	219,0	35	18	1485,4	1456,0	274,0	290,0	18	20
Magnez / Magnesium [mg]	324,4	258,7	94,8	53,7	29	21	326,5	332,6	56,0	73,9	17	22
Żelazo / Iron [mg]	13,4	11,9	4,4	3,3	33	28	16,4	16,9	4,6	4,9	28	29
Cynk / Zinc [mg]	11,9	10,2	3,7	2,0	31	19	13,7	12,9	2,9	12,6	21	20
Miedź / Copper [mg]	1,3	1,0	0,4	0,2	32	20	1,3	1,3	0,2	0,3	19	23
Mangan [mg] Manganese	6,0	4,3	2,4	1,0	40	30	5,9	5,8	1,7	1,8	29	30
Witamina A [µg] Vitamin A	1120,4	744,2	956,0	277,0	91	37	1482,2	847,1***	1185,0	263,0	80	31
Witamina E [mg] Vitamin E	12,9	10,9	5,0	3,4	37	32	11,4	10,9	4,0	3,5	35	32
Tiamina / Thiamine [mg]	1,5	1,1***	0,4	0,3	27	23	1,5	1,3	0,3	0,3	24	25
Ryboflawina [mg] Riboflavin	1,6	1,4	0,6	0,3	37	21	1,9	1,7	0,5	0,4	27	25
Niacyna / Niacine [mg]	1,6	14,4	4,2	5,5	258	38	19,7	19,8	4,3	4,5	22	23
Pirydoksyna [mg] Prydoxine	2,2	1,7	0,6	0,5	28	29	2,2	2,1	0,5	0,6	23	27
Witamina C [mg] Vitamin C	76,2	32,8***	32,6	12,2	43	37	48,1	33,8	25,3	19,3	52	57

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\* – okres letnio-jesienny / summer- autumn season;

\*\* – okres zimowo-wiosenny / winter – spring season;

\*\*\* – różnice statystycznie istotne / statistically significant differences;

SD – odchylenie standardowe / standard deviation;

CV – współczynnik zmienności / coefficient of variation.

Tabela 2

Spożycie składników odżywczych z całodziennymi racjami pokarmowymi przez kobiety.

Intake of nutrients with daily food rations by women.

Rodzaj składnika	Kobiety / Women
------------------	-----------------

Kind of component	$\bar{x}$		SD		CV [%]	
	1	2	1	2	1	2
Energia / Energy [kcal] Total energy	1833,0	1745,6	251,0	251,0	14	14
Białko ogółem [g] Total protein	61,4	62,5	10,4	11,5	17	18
Białko zwierzęce [g] Animal protein	39,6	43,4	9,9	10,0	25	23
Tłuszcze ogółem [g] Total fat	70,0	70,6	13,3	15,3	19	22
Cholesterol [mg] Cholesterol	324,0	350,7	90,9	153	28	44
Węglowodany ogółem [g] Total carbohydrate	255,2	228,5***	47,2	34,6	18	15
Błonnik pokarmowy [g] Dietary fibre	17,0	15,1	4,3	3,5	25	23
Sód / Sodium [mg]	1888,0	1887,8	658,0	528,0	35	28
Potas / Potassium [mg]	2479,3	2336,0	454,0	497,0	18	21
Wapń / Calcium [mg]	549,2	556,6	172,0	155,0	31	28
Fosfor / Phosphorus [mg]	1005,2	1036,8	185,0	186,0	18	18
Magnez / Magnesium [mg]	223,4	215,0	44,5	38,5	20	18
Żelazo / Iron [mg]	9,7	10,5	2,0	2,5	20	24
Cynk / Zinc [mg]	8,6	8,3	1,5	1,7	17	20
Miedź / Copper [mg]	0,9	0,9	0,2	0,2	18	21
Mangan / Manganese [mg]	4,1	3,6	1,4	1,2	34	33
Witamina A / Vitamin A [ $\mu$ g]	1033,2	709,3	1063,0	267,0	103	38
Witamina E / Vitamin E [mg]	9,3	8,9	3,3	2,6	35	30
Tiamina / Thiamine [mg]	0,9	0,8	0,2	0,2	21	23
Ryboflawina [mg] Riboflavin	1,3	1,3	0,4	0,3	34	22
Niacyna / Niacine [mg]	11,1	11,1	2,5	2,4	23	22
Pirydoksyna [mg] Prydoxine	1,4	1,3	0,3	0,3	22	24
Witamina C / Vitamin C [mg]	40,6	31,0	16,9	16,3	42	52

Autorzy cytowanych poniżej publikacji otrzymali wyniki na ogół zbliżone do przedstawionych w niniejszej pracy, wskazując na mieszczące się w granicach normy pokrycie zapotrzebowania na energię, tłuszcze ogółem, nadmiar spożycia cholesterolu i białka zwierzęcego oraz znaczne niedobory węglowodanów i błonnika pokarmowego w racjach pokarmowych badanych populacji. Podobne zapotrzebowanie na energię stwierdziła Maruszewska i wsp. [6]. Zarówno kobiety, jak i mężczyźni pokrywali zapotrzebowanie na energię w 90 i 94%. Górecka i wsp. [4] ustalili, że średnia wartość

T a b e l a 3

Odsetek populacji realizujący normę poniżej 66,7%.

The percentage of population which meets the recommended intake standard < 66,7%.

Rodzaj składnika Kind of component	Młodzież męska / Boys	Kobiety / Women	Mężczyźni / Men
Energia / Energy	10	0	0
Białka ogółem Total protein	25	10	0
Białko zwierzęce Animal protein	10	0	0
Tłuszcze ogółem Total fat	0	4	6
Cholesterol Cholesterol	0	0	0
Węglowodany ogółem Total carbohydrate	55	65	9
Błonnik pokarmowy Dietary fibre	40	83	19
Sód / Sodium	0	0	0
Potas / Potassium	0	50	6
Wapń / Calcium	80	60	44
Fosfor / Phosphorus	0	0	0
Magnez / Magnesium	20	17	6
Żelazo / Iron	5	38	0
Cynk / Zinc	30	15	0
Miedź / Copper	35	100	53
Mangan / Manganese	0	0	0
Witamina A / Vitamin A	20	8	0
Witamina E / Vitamin E	0	6	0
Tiamina / Thiamine	15	96	28
Ryboflawina / Riboflavin	35	25	40
Niacyna / Niacine	40	80	6
Pirydoksyna Pyridoxine	10	37	9
Witamina C / Vitamin C	40	62	41

Objaśnienia: / Explanatory notes:

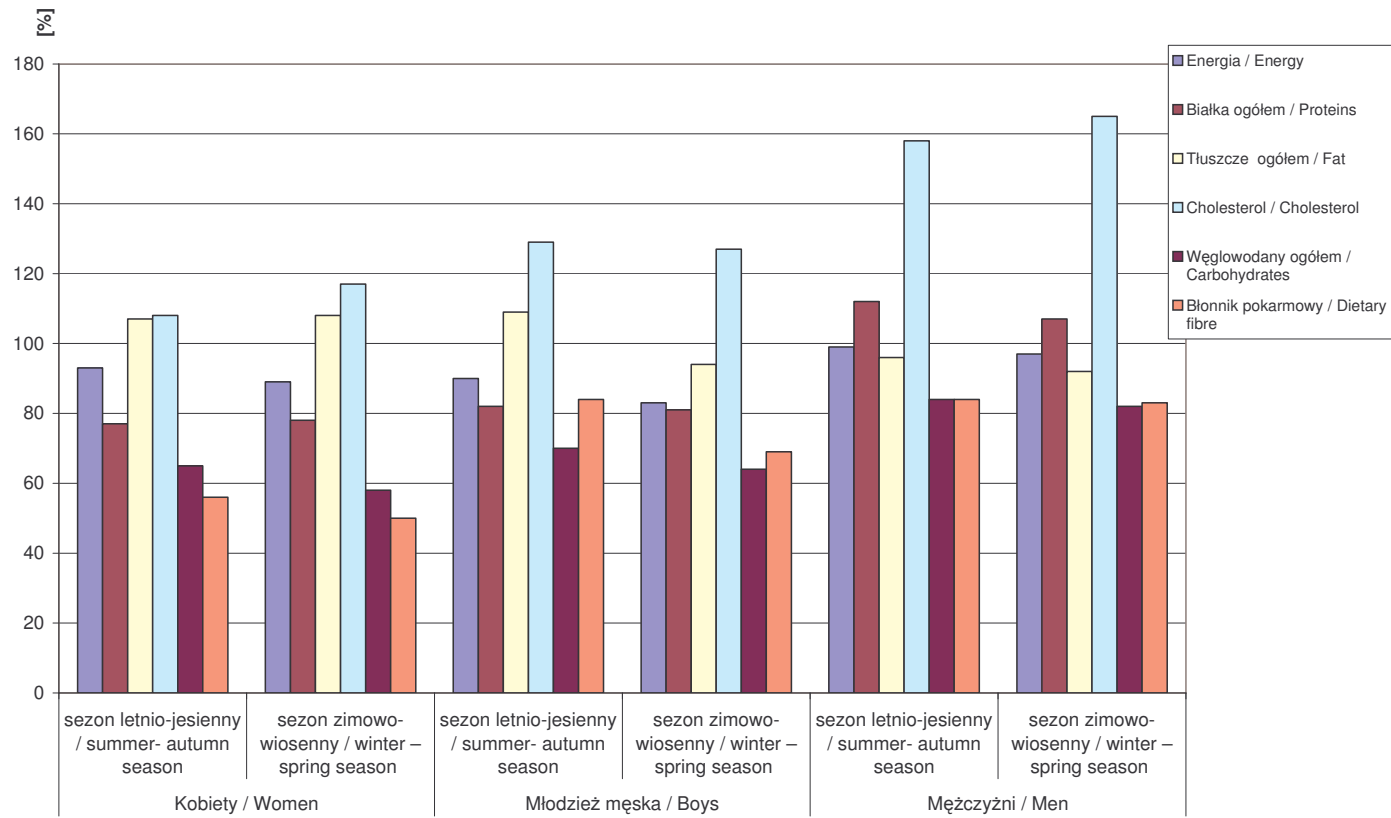
\* – okres letnio-jesienny / summer- autumn season;

\*\* – okres zimowo-wiosenny / winter - spring season;

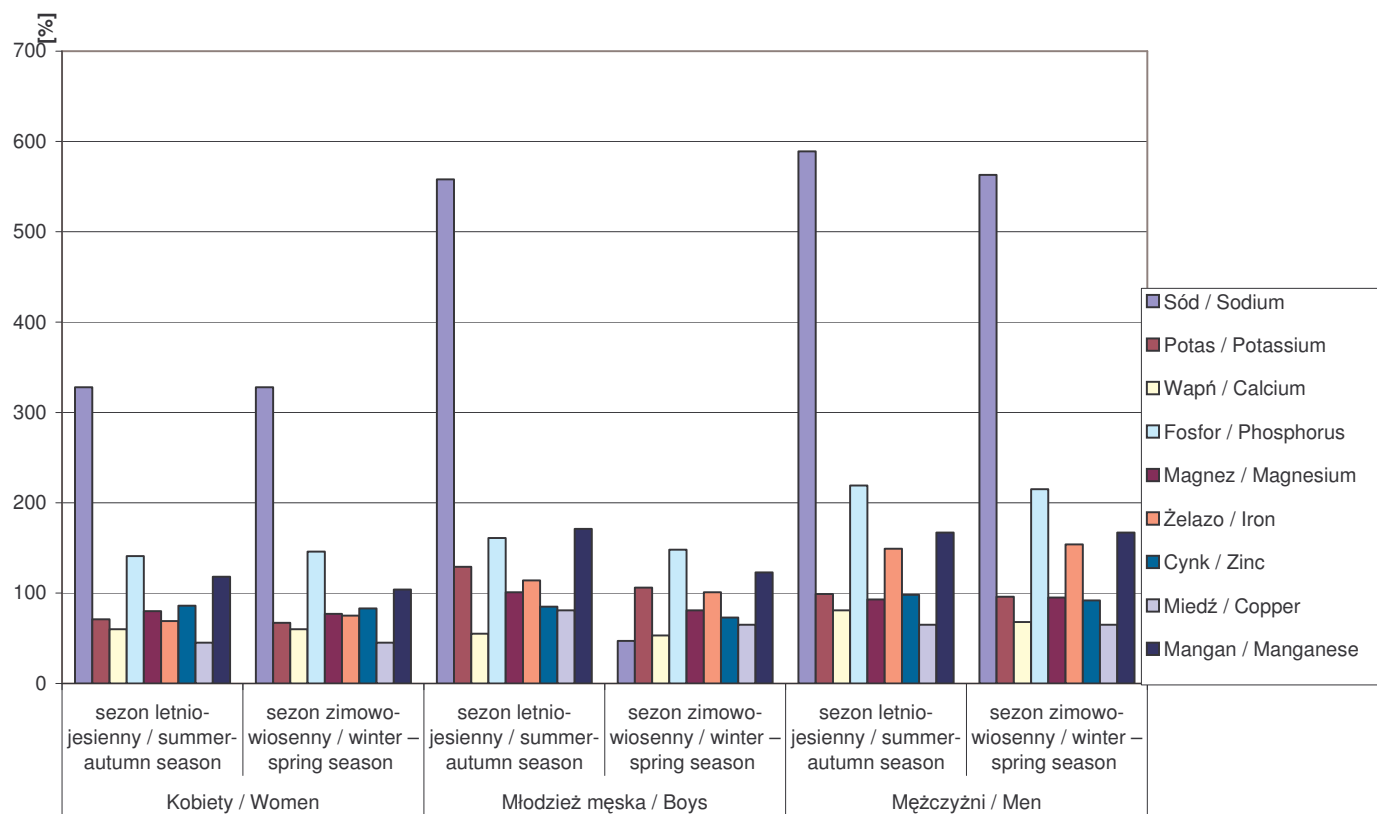
\*\*\* – różnice statystycznie istotne / significant differences;

SD – odchylenie standardowe / standard deviation;

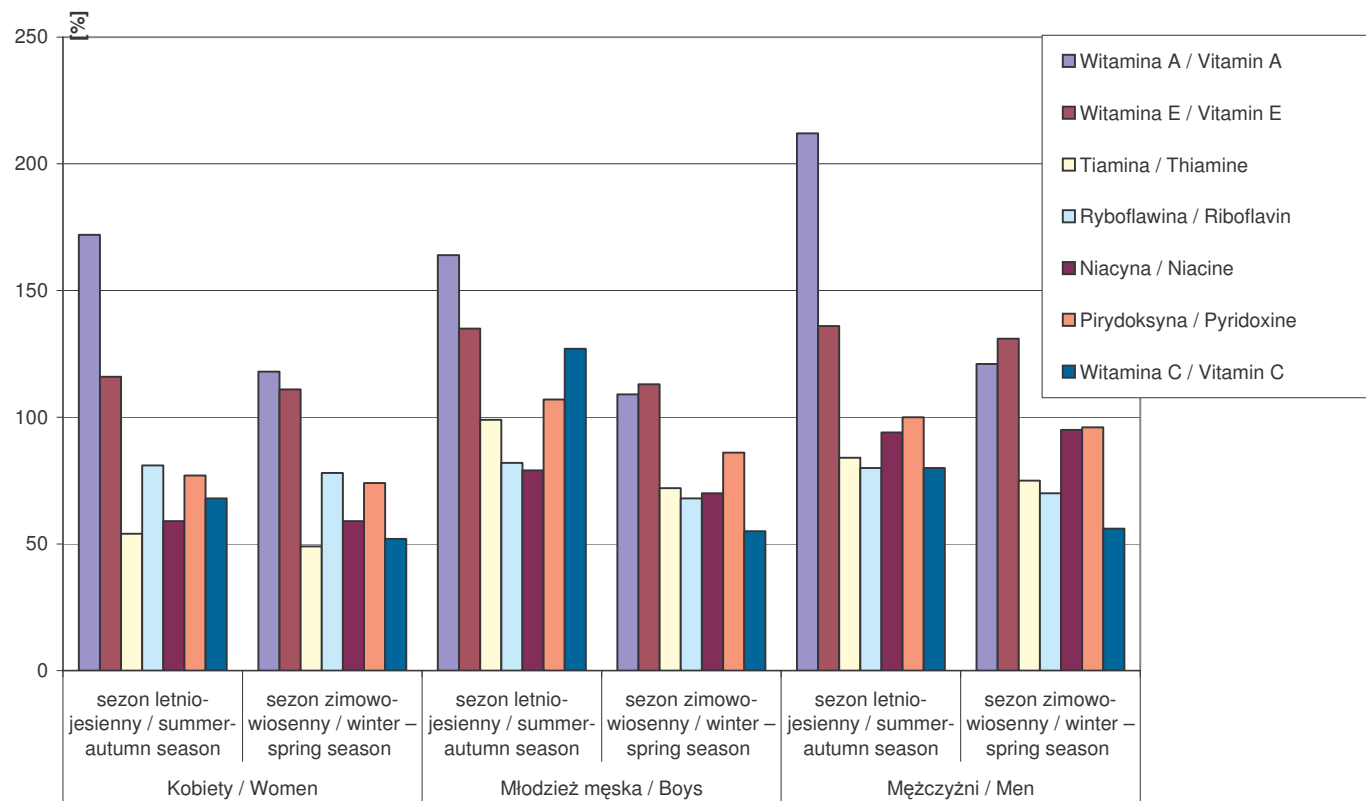
CV – współczynnik zmienności / coefficient of variation;



Rys. 1. Pokrycie normy na energię i podstawowe składniki odżywcze.  
 Fig. 1. Percentage of RDA for energy and basic nutritive components.



Rys. 2. Pokrycie normy na składniki mineralne.  
 Fig. 2. Percentage of RDA for minerals.



Rys. 3. Pokrycie normy na witaminy.  
 Fig. 3. Percentage of RDA for vitamins.



energetyczna dziennej racji pokarmowej z roku 1990 uległa obniżeniu o 15% w roku 2000. Wykazali oni również zmniejszoną konsumpcję białka i tłuszczów w badanym okresie, przy jednoczesnym najwyższym poziomie cholesterolu w dziennych racjach pokarmowych mieszkańców wsi. Podobne wyniki uzyskali Pietruszka i wsp. [9]. Badani mieszkańcy wsi spożywali białko zwierzęce w nadmiarze (kobiety 147%, mężczyźni 194% realizacji normy), tłuszcze ogółem w normie, cholesterol znacznie powyżej dopuszczalnej ilości. W obu analizowanych grupach wystąpiły znaczne niedobory węglowodanów, a realizacja zapotrzebowania na błonnik pokarmowy najbardziej odbiegała od zaleceń. W badaniach przeprowadzonych przez Instytut Żywności i Żywienia stwierdzono, że mieszkańcy wsi w wieku produkcyjnym spożywali więcej energii, węglowodanów ogółem oraz błonnika w porównaniu z rówieśnikami z miast. Całodzienne pożywienie mężczyzn ze wsi zawierało więcej tłuszczu, a w racjach wszystkich badanych grup zamieszkujących tereny wiejskie stwierdzono niższy odsetek energii z białka, a wyższy z węglowodanów w porównaniu z racjami osób mieszkających w miastach [14].

#### *Składniki mineralne*

Średni poziom dziennego spożycia wybranych składników mineralnych przez chłopców wynosił: Na – 521%, K – 116%, Ca – 54%, P – 154%, Mg – 91%, Fe – 107%, Zn – 79%, Cu – 73%, Mn – 145% normy (rys. 2). W okresie wiosennym spożycie składników mineralnych stanowiło: Na – 486%, K – 106%, Ca – 54%, P – 148%, Mg – 81%, Fe – 101%, Zn – 73%, Cu – 65%, Mn – 123% normy. W porze jesiennej pobranie wszystkich analizowanych składników mineralnych wzrosło o 72% (sód), 23% (potas), 1,7% (wapń), 12,9% (fosfor), 21% (magnez), 12% (żelazo), 12% (cynk), 16% (miedź) i 48% (mangan).

Wśród mężczyzn dzienne spożycie składników mineralnych wynosiło w obu sezonach średnio: Na – 557%, K – 98%, Ca – 75%, P – 217%, Mg – 94%, Fe – 152%, Zn – 95%, Cu – 65%, Mn – 168% pokrycia normy (rys. 2). W okresie wiosennym spożycie składników mineralnych stanowiło: Na – 562%, K – 97%, Ca – 69%, P – 215%, Mg – 95%, Fe – 154%, Zn – 92%, Cu – 66%, Mn – 167% normy. W okresie jesiennym w racjach tej grupy osób wzrosła podaż sodu o około 26%, wapnia o ponad 10%, cynku i fosforu o blisko 5%. Odnotowano niewielki spadek spożycia magnezu i żelaza, natomiast spożycie potasu, miedzi i manganu utrzymało się na podobnym poziomie.

Kobiety pokrywały normy spożycia: Na – w 328%, K – w 69%, Ca – w 60%, P – w 144%, Mg – w 78%, Fe – w 72%, Zn – w 85%, Cu – w 45%, Mn – w 111% (rys. 2). Wiosną wymieniona grupa osób pokrywała normy na: Na – w 328%, K – w 67%, Ca – w 61%, P – w 146%, Mg – w 77%, Fe – w 76%, Zn – w 83%, Cu – w 45%, Mn – w 104%. W okresie jesiennym w racjach pokarmowych kobiet zmniejszyła się ilość

wapnia, fosforu i żelaza w stosunku do okresu wiosennego. Tendencji wzrostowej uległo natomiast spożycie potasu o 4,1%, magnezu o 3%, cynku o ok. 3,2% oraz manganu o 14,3%.

Spośród ww. grup chłopców, kobiet i mężczyzn odsetek realizujący normę poniżej 66,7% wyniósł kolejno w przypadku wapnia (tab. 3): 80, 60, 44%, magnezu: 20, 17, 6%, miedzi: 35, 100, 53%, tiaminy: 15, 96, 28%, ryboflawiny: 35, 25, 40%, niacyny 40, 80, 6%, pirydoksyny 10, 37, 9% oraz witaminy C: 40, 62, 41%. Również 50% populacji kobiet oraz 6% – mężczyzn zrealizowało normę spożycia potasu poniżej 66,7%. Taka sama sytuacja dotyczyła kolejno 30, 20% badanej grupy chłopców, jak również 15 i 8% grupy kobiet w przypadku spożycia cynku oraz ekwiwalentu retinolu.

Zbyt niskie spożycie składników mineralnych dotyczyło magnezu, wapnia, miedzi, cynku w przypadku wszystkich populacji biorących udział w badaniach oraz żelaza w przypadku kobiet. Największy nadmiar spożycia odnotowano w przypadku sodu i fosforu. Autorzy innych publikacji informują o wynikach podobnych do otrzymanych w niniejszej pracy. Czeczulewski i wsp. [2], oceniając sposób żywienia i stan odżywienia dzieci z regionu wielkomińskiego i wiejskiego, zaobserwowali znaczne niedobory wapnia i magnezu. Były one wyższe w przypadku dzieci pochodzących ze środowiska wiejskiego niż wielkomińskiego. Szponar i wsp. [15] przeprowadzili badania nad sposobem żywienia różnych grup ludności. Wśród chłopców i mężczyzn procent realizacji normy na żelazo wynosił 100 lub ponad 100, natomiast stwierdzono niskie pokrycie normy na cynk i miedź. Niskie spożycie z żywnością wapnia i miedzi przez kobiety oraz wapnia, magnezu, cynku i miedzi przez mężczyzn, przy jednocześnie wysokiej zawartości w diecie fosforu, odnotowali Wądołowska i wsp. [19]. Świstoniak [16] dowiódł występowania częstych niedoborów składników mineralnych (o różnym stopniu nasilenia), szczególnie w odniesieniu do magnezu i miedzi, składników, których deficyt dotyczył nawet 80% respondentów oraz cynku (w przypadku 40-50% badanej populacji). Marzec i wsp. [7] oceniali sposób żywienia osób w wieku od 20 do 55 lat. Pobranie wapnia zarówno przez kobiety, jak i mężczyzn uznano za zbyt niskie, natomiast spożyte ilości fosforu przekraczały zapotrzebowanie o ok. 1,5–2,0 razy.

#### *Witaminy*

W racjach pokarmowych chłopców, głównie w porze wiosennej, wystąpiły znaczne niedobory witaminowe, dotyczące przede wszystkim witamin C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP oraz B<sub>6</sub>.

W obu badanych okresach realizacja zapotrzebowania na witaminy przez chłopców wynosiła średnio 137% w przypadku witaminy A, 124% – wit. E, 85% – wit. B<sub>1</sub>, 76% – wit. B<sub>2</sub>, 74% – wit. PP, 98% - wit. B<sub>6</sub> oraz 91% – wit. C (rys. 3).

Wiosną pokrycie normy wynosiło: witamina A – 129%, wit. E – 113%, wit. B<sub>1</sub> – 72%, wit. B<sub>2</sub> – 70%, wit. PP – 70%, wit. B<sub>6</sub> – 86% oraz wit. C 55%. Spożycie wszystkich wyżej wymienionych witamin było większe w okresie jesiennym, tj. wit. A o ok. 50%, wit. E o ok. 20%, wit. B<sub>1</sub> o ok. 26%, wit. B<sub>2</sub> o ok. 10%, wit. PP o ok. 9%, a wit. C o ok. 70%.

Sposób żywienia mężczyzn charakteryzował się ponad dwukrotnie większym, w stosunku do normy, spożyciem witaminy A w okresie jesiennym oraz zbyt niskim wit. C, a także witamin B<sub>1</sub> i B<sub>2</sub>. Mężczyźni pokrywali normę spożycia witamin średnio w: 166% - witamina A, 133% – wit. E, 79% – wit. B<sub>1</sub>, 75% – wit. B<sub>2</sub>, 95% – wit. PP, 98% - wit. B<sub>6</sub>, 68% - wit. C (rys. 3). Wiosną mężczyźni pokrywali normę na: witaminę A – w 121%, wit. E – w 131%, wit. B<sub>1</sub> – w 75%, wit. B<sub>2</sub> – w 70%, wit. PP – w 95% , wit. B<sub>6</sub> – w 96% oraz wit. C w 56%. W okresie jesiennym podaż wszystkich witamin uległa wzrostowi w porównaniu z okresem wiosennym, z wyjątkiem wit. PP, której spożycie utrzymywało się na zbliżonym poziomie. Pokrycie zapotrzebowania na ekwiwalent retinolu wzrosło o 80%, wit. E o 5,2%, wit. B<sub>1</sub> o 8,9%, wit. B<sub>2</sub> o 10%, wit. B<sub>6</sub> o 3,6% i wit. C o 24%.

Racje pokarmowe kobiet charakteryzowały się niedoborami witamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP, B<sub>6</sub> oraz wit. C. Dzielne pobranie analizowanych witamin w obu okresach przez kobiety wynosiło średnio: wit. A – 145%, wit. E – 114%, wit. B<sub>1</sub> – 51%, wit. B<sub>2</sub> – 80%, wit. PP – 59%, wit. B<sub>6</sub> – 75% i wit. C – 60% normy (rys. 3). Wiosną kobiety spożywały witaminy w ilościach pozwalających na pokrycie normy w: 118% – witamina A, 112% – wit. E, 49% – wit. B<sub>1</sub>, 78% – wit. B<sub>2</sub>, 59% – wit. PP, 74% – wit. B<sub>6</sub>, 52% – wit. C. Wśród kobiet spożycie wszystkich analizowanych witamin w okresie jesiennym również wzrosło w przypadku wit. A o 54%, wit. E o 5%, wit. B<sub>1</sub> o ok. 5%, wit. B<sub>2</sub> o ok. 3%, wit. B<sub>6</sub> o ok. 2% i wit. C o 16%.

Autorzy wielu publikacji wskazują na podobny problem znacznych niedoborów witaminowych dotyczących wszystkich populacji w kraju. Wajszczyk i wsp. [18] w badaniach sposobu żywienia młodzieży wykazali, że diety dziewcząt i chłopców zawierały za mało witamin: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C i E oraz wit. PP (w przypadku dziewcząt) w porównaniu z poziomem bezpiecznego spożycia. Nie budziła zastrzeżeń zawartość witamin A i B<sub>6</sub> w dziennych racjach pokarmowych młodzieży. W badaniach sposobu żywienia młodzieży żeńskiej za zadowalające uznano jedynie spożycie witamin A i E oraz PP, natomiast spożycie pozostałych witamin mieściło się w zakresie 37–77% normy. Ziemiański i Wartanowicz [21], powołując się na krajowe piśmiennictwo, stwierdzili pokrycie normy witaminy E od 91 do 113%, witaminy A od 177 do 296%. W przypadku witaminy C, wśród różnych subpopulacji kraju niedobór występował w szerokim zakresie od 18 do 43%. Odsetek dzieci z ryzykiem niedoboru witaminy B<sub>1</sub> wynosił 25%, wit. B<sub>2</sub> – 20%, a wit. B<sub>6</sub> – 40%.

Na przykładzie m.in. badań przeprowadzonych równocześnie w czterech krajach europejskich, tj. Holandii, Finlandii, Włoszech i Szwecji, można stwierdzić, że modele żywieniowe w różnych krajach są zróżnicowane, jednak istnieją również pewne podobieństwa. Przykładowo oszacowano, że spożycie warzyw jest najwyższe we Włoszech, niższe w Finlandii, a najniższe w Szwecji i Holandii. Spożycie alkoholu, wieprzowiny, innych mięs i ziemniaków w Finlandii i Szwecji jest podobne, ale pierwszego z produktów niższe, a wieprzowiny, innych mięs i ziemniaków wyższe we Włoszech [1]. Badania sposobu żywienia w gospodarstwach domowych w USA i Kanadzie wykazały, że racje pokarmowe kobiet dostarczają za mało energii, wit. E, C i B<sub>6</sub> [10], magnezu i witaminy A [10, 17], kwasu foliowego i żelaza [17]. Racje pokarmowe osób starszych nie pozwalają na pokrycie norm spożycia białka, wapnia, witaminy A i B<sub>6</sub>. Nie odnotowano natomiast niedostatecznego spożycia składników odżywczych wśród dzieci zamieszkujących w tych gospodarstwach [10]. W innych badaniach gospodarstw domowych, wśród osób starszych w USA stwierdzono podobne błędy żywieniowe polegające na zbyt niskim spożyciu energii, białka, wit. B<sub>6</sub>, żelaza, ale i węglowodanów, kwasów tłuszczowych nasyconych, niacyny, ryboflawiny, wit. B<sub>12</sub> i cynku [5]. Niewłaściwy sposób żywienia ma niewątpliwie istotny wpływ na deklarowany przez badane osoby stan zdrowia [5, 8, 13].

### **Wnioski**

1. Racje pokarmowe badanych osób pokrywały zapotrzebowanie na energię w granicach od 82 do 90% normy, na węglowodany ogółem od 60 do 80%, na białko od 77 do 112%, tłuszcze spożywano we właściwych ilościach (92–109% normy), natomiast błonnik pokarmowy w ilościach stanowiących tylko 50% wartości zalecanej w przypadku kobiet oraz 65–84% tej ilości w przypadku mężczyzn i chłopców.
2. Spożycie składników mineralnych przez badaną populację odbiegało od zalecanych norm. Ilości sodu zostały przekroczone nawet pięciokrotnie (w racjach mężczyzn i chłopców), a fosforu dwukrotnie. Stwierdzono równocześnie niskie pokrycie norm, wynoszące od 45 do 86% na inne składniki mineralne, tj. wapń, magnez, miedź i cynk, przez wszystkie badane grupy.
3. Poziom witamin w racjach pokarmowych badanej populacji wypadł niezadowolająco. Odnotowano bowiem znaczne niedobory (50–90% pokrycie norm) witamin z grupy B i wit. C. natomiast spożycie witaminy E i A na ogół kształtowało się na odpowiednim poziomie.
4. Odnotowano nieznaczny wpływ czynnika, jakim jest sezonowość na istotność różnic w pobraniu składników pokarmowych: białka ogółem, witaminy B<sub>1</sub> i C w przypadku racji chłopców, węglowodanów ogółem w przypadku racji kobiet i witaminy A w przypadku racji mężczyzn.

### Literatura

- [1] Balder H.F., Virtanen M., Brants H.A., Krogh V.L., Beth Dixon L.B., Tan. F., Mannisto S., Bellocco R., Pietinen P., Wolk A., Berrino F., van den Brandt P.A., Hartman A.M., Goldbohm R. A.: Common and country-specific dietary patterns in four European cohort studies. *J. Nutr.*, 2003, **133**, 4246-4251.
- [2] Czeczulewski J., Wilczewski A., Raczyński G.: Assessment of food intake and nutritional status of children from selected Polish urban and rural areas. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1997, **6/47**, 1, 115-125.
- [3] Duda G., Hertig H., Maruszewska M.: Wartość odżywcza całodziennych racji pokarmowych dzieci szkolnych. Część I. Składniki podstawowe. *Żyw. Człow. i Met.*, 1997, 24, **4**, 427-435.
- [4] Fung T.T., Hu B. F.: Plant-based diets: what should be on the plate? *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003, **78**, **3**, 357-358.
- [5] Górecka M., Gronowska-Senger A.: Ocena w spożyciu wybranych składników pokarmowych w latach 1990-2000 w Polsce. *Żyw. Człow. Met.*, 2003, **30**, **1/2**, 328-333.
- [6] Lee J., S., Frongillo E., A.: Nutritional and health consequences are associated with food insecurity among U.S. Elderly Persons. *J. Nutr.*, 2001, **131**, 1503-1509.
- [7] Maruszewska M., Bolesławska I., Przysławski J.: Składniki podstawowe w żywieniu osób dorosłych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2003, **Supl.**, 83-87.
- [8] Marzec Z., Zaręba S.: Ocena stanu odżywienia wybranymi biopierwiastkami dorosłych mieszkańców Lublina. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2003, **Supl.**, 149-153.
- [9] Pheley A.M., Holben D.H., Graham A.S., Simpson C.: Food security and perceptions of health status: a preliminary study in rural Appalachia. *J. Rural Health*. 2002, **18**, 447-454.
- [10] Pietruszka B., Brzozowska A., Puzio-Dębska A.: Ocena sposobu żywienia osób dorosłych w trzech wybranych wsiach województw warszawskiego, radomskiego i białkopodlaskiego. *Roczn. PZH*, 1998, **2** (**49**), 219-229.
- [11] Rose D., Oliveira V.: Nutrient intakes of individuals from food-insufficient households in the United States. *Am. J. Public Health*, 1997, **12** (**87**), 1956-1961.
- [12] Schröder H., Marrugat J., Vila J., Covas M.I., Elosua R.: Adherence to the traditional Mediterranean diet is inversely associated with body mass index and obesity in a Spanish population. *J. Nutr.*, 2004, **134**, 3355-3361.
- [13] Stuff J.E., Horton J.A., Bogle M.L., Connell C., Ryan D., Zaghoul S., Thornton A., Simpson P., Gossett J., Szeto K.: Lower Mississippi Delta nutrition intervention research consortium. High prevalence of food insecurity and hunger in households in the rural Lower Mississippi Delta. *J. Rural Health*, 2004, **20** (**2**), 173-180.
- [14] Stuff J., E., Patrick H. Casey P., H., Szeto K., L., Gossett J., M., James M. Robbins J., M., Simpson P., M., Connell C., Bogle M., L.: Household food insecurity is associated with adult health status. *J. Nutr.*, 2004, **134**, 2330-2335.
- [15] Szponar L. (red.): Badania indywidualnego spożycia żywności i stanu odżywienia w gospodarstwach domowych. Sprawozdanie z projektu TCP/POL/8921(P). IŻŻ. Warszawa 2003.
- [16] Szponar L., Respondek W.: Spożycie witamin i mikroelementów przez wybrane grupy ludności w Polsce, IŻŻ. Warszawa 1998, s. 117-126.
- [17] Świstoniak T.: Stan odżywienia witaminami i mikroelementami w wybranych subpopulacjach w Polsce. Wyd. SGGW, Warszawa 1998, s. 134-146.
- [18] Tarasuk V., S., Beaton G., H.: Women's dietary intakes in the context of household food insecurity. *J. Nutr.*, 1999, **129**, 672-679.

- [19] Wajszczyk B., Charzewska J., Rogalska-Niedźwiedz M., Chwojnowska Z., Chabros E., Lachowicz A.: Witaminy w dietach młodzieży, *IZŻ*. Warszawa 1998, s. 167-168.
- [20] Wądołowska L., Trzaskowska M.A., Cichon R.: Spożycie witamin i składników mineralnych oraz suplementów przez mieszkańców Olsztyna w wieku podeszłym. Wyd. ART. Olsztyn 1998, s. 187-188.
- [21] Ziemiański Ś. (red.): Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Wyd. Lek. PZWL. Warszawa 2001.
- [22] Ziemiański Ś., Wartanowicz M.L: Stan odżywienia i spożycie witamin w różnych grupach populacyjnych w Polsce w świetle piśmiennictwa. *Żyw. Człow. Met.*, 1999, **49** (4), 320-326.

#### ASSESSMENT OF THE NUTRITION PATTERNS USED BY RESIDENTS LIVING IN SELECTED RURAL HOUSEHOLDS

##### S u m m a r y

The objective of this paper was to assess to what extent the nutrition patterns followed by residents (boys, men, women) living in selected rural households covered their demands for energy and nutrients. It was proved that food rations as applied by this population did not satisfy the requirements of rational nutrition. The average caloric value of a food ration was at a correct level. In the case of women and boys, their demand for total protein was insufficient, but the men were provided with adequate amounts of this component. Fat amounts eaten were also appropriate; however, the quantities of cholesterol were excessive. The per cent content of total carbohydrates and dietary fibre was insufficient, particularly in the food rations of women. The minerals, such as calcium, copper, magnesium, and zinc (in the case of women and men), and iron and potassium (in the case of women) was supplied in the organisms in insufficient amounts. The intake of sodium and phosphorus was much higher than the Recommended Daily Allowance (RDA). In the nutrition diets of individual groups of residents investigated, a high deficiency of B vitamins and vitamin C were noted (especially in the diets of women), while the amounts of vitamins A and E taken fully covered the demand as indicated by the respective RDA.

**Key words:** food diets, dietary records taken during the most recent 24 hrs, nutrients, daily intake, per centage of Recommended Daily Allowance (RDA), residents living in rural households ☒

ALEXANDER DANDÁR, KAMIL CEJPEK, DAGMAR VACULČÍKOVÁ,  
MAREK SKORŠEPA

## A POSITION OF EDUCATION IN ENVIRONMENTAL HEALTH FORMED IN THE CONDITIONS OF THE SLOVAK REPUBLIC

### S u m m a r y

The paper deals with the research of selected factors and their mutual relations that influence the formation of an environmental health of the Slovak people. Based on the results obtained by the research realized with a sample of elementary school pupils authors tried to generalize the knowledge suitable to implement the topic of a reasonable diet and formation of a healthy lifestyle to the curriculum of the natural science education in the educational system of the Slovak Republic.

**Słowa kluczowe:** education, environmental health, environment

### Introduction

One of the basic human rights is a right to an adequate standard of living, especially the health for people and their families including food, clothes, accommodation, health care and social services [1]. As declared in the Slovak Constitution: "Every citizen has a right to early and complete information about the state of environment and the reasons and effects of that state" [2].

A modern definition of health does not include only the physical state of a human organism. It is perceived as a complex of relations between a human and his environment. It is clear that the topics of human health and environment cannot be evaluated separately. A negative effect of environment and work environment on the human body often appears in a long-time period, very often at an old age. The state of environment affects a human environmental health.

In 2000, the Slovak Government in their report "Action plan for environment and Slovak citizens' health" focused on environmental education. It considers the

---

*Prof. Ing. A. Dandár, DrSc., Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Bratislava, Slovak Republic, Doc. Ing. K. Cejpek, PhD., RNDr., D. Vaculčíková, RNDr. M. Skoršepa, PhD., Matej Bel University, Faculty of Natural Sciences, Banská Bystrica, Slovak Republic*



education to be an important part of a health prevention that can decrease the state financial requirements. This has not been only official material in this field accepted by the government in recent years. There is another interesting project called “The National program of Health Support” from 1992 revised in 1995. The chapter dedicated to education implies the school institutions were given a task on how to apply the innovative ways in order to improve the formation of a reasonable lifestyle especially related to nutrition [3].

However, there were not sufficient methodical and material conditions available in the Slovak school system related to that process. This state persists but new projects emerge, e.g. “Schools supporting Health” that brought many positives to this process especially for new a generation of Slovak people that grows up in the different social-political conditions.

### **The real conditions in the Slovak Republic**

The results achieved in the field of a health prevention against illnesses according to the projects and programs of The National Program of Health Support (NPHS) show progress in spite of the fact that there has been almost no change for example in the structure of mortality and its causes in the Slovak population. There are five the most common causes for the death representing 95 % of all deceases. The causes as follows: cardiovascular diseases, cancer diseases, diseases caused by external factors (injuries, poisoning, murders, and suicides), respiratory diseases and digestive system diseases. The most frequent causes are cardiovascular diseases and cancer diseases. The tendency of mortality changes in the Slovak Republic is similar to those in the European Union. The mean life expectancy in the Slovak Republic for men is 70 years (in EU 75.5 years) and for women 78 years (in EU 82 years). The mortality development in the Slovak population stagnates as shown in the graphs 1 and 2. In general, the number of heart attacks is decreasing for all age categories especially for men in the productive age. The mortality from the vascular diseases for men and women over 65 years is the highest in southern and southeastern parts of Slovakia. It includes the brain vascular diseases, ischemic heart disease (IHD) and heart attack [4].

The World Health Organization (WHO) in their political document “Euro 21” refer to objectives which will be the most important for sustainable development in 21<sup>st</sup> Century. Lifestyle, the character of work activity, environment and work environment are known to effect people’s health up to 60%. It represents a very significant factor that could be controlled by everyone of us. And it is the role of schools to educate people in that sphere.

One of the aims of WHO is “Health for all” – a very humane but also a very difficult task. However, it is not enough only to have financial and material resources in order to reach this aim. It is fundamental for people to increase the quality of their



lives. In a biological aspect, the human is considered to be an endangered species. A hypothesis of polluted environment is the main reason for that. Therefore, understanding of all relations connected to environmental health and perception and subsequent realization of the principles environmental health is based upon, are the essential attributes to maintain the health state of the present and future Slovak population.

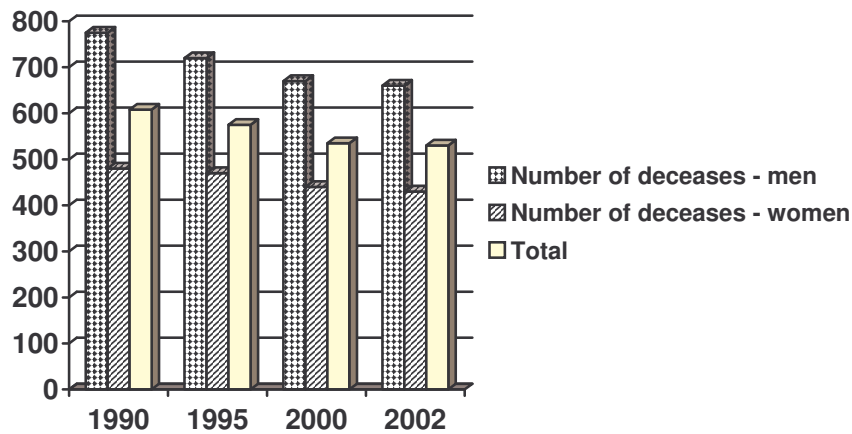


Fig. 1. Tendency in mortality – cardiovascular diseases (per 100 thousand people).

Rys. 1. Wskaźnik umieralności – choroby sercowo-naczyniowe (na 100 tys. ludzi).

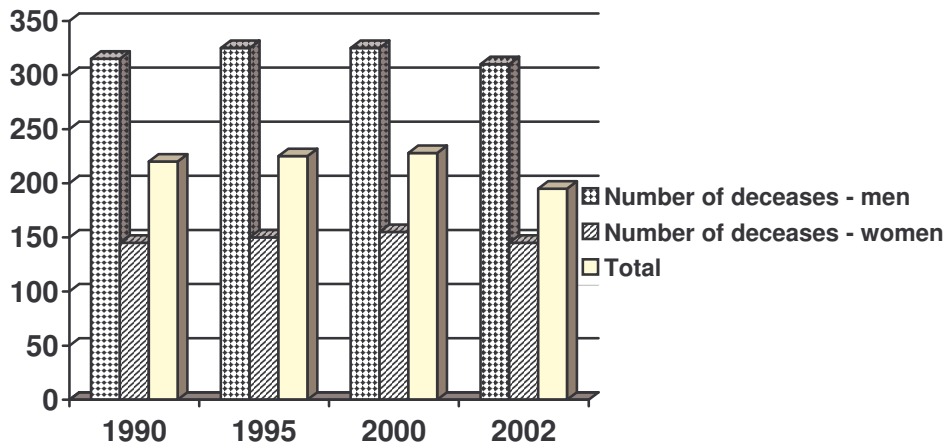


Fig. 2. Tendency in mortality – cancer diseases (per 100 thousand people).

Rys. 2. Wskaźnik umieralności – choroby nowotworowe (na 100 tys. ludzi).

Although the health state of the Slovak population is now much better than it had been in the past, compared with the other EU countries it lags behind. Therefore, there is a need to implement the objectives of the “National Program of Health Support”. It depends on the economic, social and health policy of the country including education and interventional projects in all levels of society. The emphasis is mainly placed on reducing the risky health factors that affect the formation of serious non-infectious diseases. The coordination between WHO strategies and European Parliament decisions is essential in order to fulfill the tasks resulting from the program aims.

The program and projects of “The National Program of Health Support” are coordinated by “The Slovak Office of Public Health”. The criteria related to the project implementation are as follows:

- improve the health state and health knowledge of people,
- a project connection to actual aims of “National Program of Health Support”,
- economical effectiveness and transparency of the project,
- clearly defined measurability of the aims,
- quantified indicators,
- assessment of the project effects on health,
- use of project results in practice,
- professional level of project,
- applicant’s references,
- project sustainability after the withdrawal of a financial aid [4].

One of the points of NPHS is to provide a communication with the public including education. This communication should provide people with a free access to adequate and comprehensible information that helps to improve their knowledge, attitudes and behaviour related to their health. An effectiveness of NPHS is assessed every five years. The assessment is executed by means of a „Health impact assessment“ method.

Another aim of NPHS is to implement the reasonable and healthy lifestyle in the large groups of population. In order to achieve that aim the state institutions have to create favourable conditions that could enable people to increase the quality of their lives and take responsibility for their health. According to the definition of a lifestyle it embodies behaviour of a person that is based upon the mutual interaction of life conditions, personal features and social and economic factors.

The latest investigations on the health awareness and behaviour of Slovak people confirm that 78% of men and 72% of women evaluate their health state as good. It was also confirmed that women suffer from long-time diseases more often than men. Cardiovascular and cancer diseases are the most frequent diseases of elderly men and women. Allergies dominate in the group of the young people. The 60% of respondents are convinced they can influence their life expectancy by their lifestyle. The 90% of

respondents from all age groups consider their passivity to be the main reason of their unhealthy lifestyle. Therefore, the main activities of the educational and health institutions in the Slovak Republic have to focus on increasing their know-how and supporting continuous education of people leading to a healthy lifestyle.

Prevention is an important part of this process, which is legally supported by the law number 576/2004 dealing with healthcare and related services. The prevention belongs among the group of work activities handled by medical workers and it focuses on education leading to protection, maintenance or health recovery to people. The aims of prevention as follow: searching for causes of illnesses and elimination of those causes, searching for pathological processes in the asymptomatic period of a disease and avoiding its clinical symptoms, active monitoring of a disease and prevent its aggravation. The Slovak republic has adopted a new legislation that brings forward a self-responsibility of people for their health. In this respect, the effectiveness of prevention represents more benefit to people's health then costs for curative medicine. The latest study of health awareness and behaviour of the Slovak people in 2004 showed that in the group of 25–64 years old people 78% of women and 56% of men have benefited from a preventive examination (61% of men and 58% of women in the group of elderly people).

### **Suitable diet**

The third aim of the NPHS is suitable diet. Along with eating habits it represents the main pillars of a healthy lifestyle. A nutrient intake influences the most of non-infectious diseases. The new trends in nutrition, bad eating habits as well as high prices of food increase the risk of a formation and development of various non-infectious diseases, especially cardiovascular and cancer diseases. An actual state in the Slovak Republic can be characterized by a low consumption of fruit, vegetables, milk and dairy products. However, meat consumption is 20% higher then a recommended dose. Despite the fact that the availability of food at the markets has rapidly increased during the last 10 years the availability of fruit and vegetables for poorer families remains a problem. The latest survey revealed that the consumption of fish is very low as well, and it cannot be compared to the optimal consumption in the developed European countries. The other investigations also show that the consumption of poultry is at ordinary level whereas the consumption of pork should be less. Poultry is consumed daily or 1–2 times per week by 72% of 15–24 years old people, 80 % of 25–64 years old people and 81% of above 65 year old people. Poultry is never consumed by 2–4 % of people from all age categories. Milk is relatively preferred in all age categories while consumption of cheese is the lowest in the category of elderly people. The higher price of cheese might explain these figures. The raw vegetables are consumed 1–2 times per week by 37–46% of respondents from all age categories. The fresh fruit is consumed

daily particularly by the young categories, elderly people prefer cooked vegetables. Leguminous plants in general are hardly ever eaten. Their consumption increases with the age. The consumption of potatoes is on a low level in all age categories but the consumption of product made from flour is too high. They are consumed daily or 1–2 times a week by 68–73% of respondents. A daily consumption of sweet is excessively high especially in the category of 15–24 years old people [5].

When considering the facts listed above, it is obvious that the state institutions have to:

- increase the know-how on healthy food,
- monitor the people's saturation by micro and macronutrients,
- increase the calcium intake especially by means of milk and dairy products consumption,
- healthy food production promotion,
- developing the programs for health support leading to improving the education and know-how of producers and consumers,
- monitor the extraneous components in food,
- monitor the consumption of selected kinds of food and eating habits.

### **The role of the family in education leading to a reasonable diet**

Family is one of the important factors that influences a reasonable lifestyle and improve the environmental health. Therefore, every country is supposed to create the conditions for healthy and harmonic development of a family. The family health reflects a social and cultural standard of every developed country. Only a healthy family can bring up healthy children who are the basis of a prosperous society. At the present time, we can notice that a birth rate in the Slovak Republic is decreasing. During the last three years, the natural increase of population had negative tendency. Also the age of primiparas is higher and at the same time the number of children per woman is lower. This results an increasing number of people at the post-productive age. Another survey reveals an increase in the number of children brought up in incomplete families. The latest investigation on the health awareness and behaviour of the young in the Slovak Republic implies that they mostly concern themselves with the topics of marriage, parenthood, contraception, and drug dependence. Other topics are: healthy diet (girls) and environment (boys). School, family and media are the most frequent information sources for young people. The activities necessary to fulfill the aims related to those issues as follows:

- education of pregnant women and parents on the particular factors of a healthy lifestyle,
- prevention of the risk factors of children health,
- education on the partnership and parenthood in the selected communities,

- improving an educational system leading to the responsibility for health,
- creating the conditions in order to organize free time activities for families,
- implementation of the preventive programs focused on a healthy ageing,
- education of families with a handicapped member,
- creation of the educational programs for the education of the Roma people.

Other aims of NPHS are also valuable for the formation of a reasonable lifestyle of Slovak people, e.g. creating awareness to smoking, alcohol and drugs, creating healthy working, social, economic and environmental conditions. Furthermore, it is also important to notice and influence the quality of home environment and enable people and families to protect and improve their health. In the last years, there has been an evidence of an increased stress at work but also in the household. The psychological stress is probably often caused by a difficult social situation in many regions of Slovakia. Therefore it is necessary:

- to increase the know-how about risks that have a negative effect on health and contribute to the creation of healthy environment,
- to improve the positive influences and activities improving health,
- to work out an epidemiological study focused on the evaluation of health factors in the selected localities,
- to evaluate the impact of the decisions related to health.

#### **Decrease of the risks related to infectious and non-infectious diseases**

As mentioned above, all objectives and consequent measures aim at decreasing the infectious and non-infectious diseases and improving the quality of human life. Cardiovascular diseases, cancer, diabetes, respiratory and lungs diseases are the most frequent non-infectious diseases in the Slovak Republic. In order to decrease an appearance of those diseases and related complications, it is necessary to look for the risk factors in environment, people's behaviour and influence the risky factors for health. It is also necessary to pay attention to mental health. These conclusions are confirmed by the fact that premature deceases in the age groups of 0 to 64 are much higher in the Slovak Republic than in the EU member countries. In the last five years, the premature deceases in the male population doubled in comparison with the EU member countries. <sup>6</sup> In general, the more intelligent and educated people we are, the more hope to influence our lives by education we have. What can we do to improve this state? Some steps currently applied in the most regions of the Slovak Republic as follows:

- prevention of an ischemic heart disease and other cardiovascular diseases by complying strictly with the instructions,
- activities performed in order to decrease the risk of cardiovascular diseases related to a primary prevention,

- implementation of continuous epidemiological studies dedicated to prevalence of the most risky factors of the cardiovascular diseases and cardiovascular mortality,
- cancer screening (breast tumors, cancer of uterine cervix, colon, rectum, lungs and dermal cancer),
- standardisation of diagnostic and curative processes and their periodical revision,
- improving the conditions for the recovery of patients with a cancer,
- improving the quality of a terminal care for oncological patients,
- education of people on the importance of regular and preventive oncological tests,
- coordination of a preventive mental healthcare,
- monitoring of an incidence and prevalence of some special mental diseases,
- monitoring of the depression and depression-related diseases,
- monitoring and analysis of allergies and determination of the preventive activities,
- education of people on eating habits related to the allergy,
- monitoring of an incidence and prevalence of the osteoporosis,
- education on a primary prevention of osteoporosis in the childhood,
- creating educational programs for people in order to increase the awareness related to the risk factors contributing to the formation of a diabetes.

A very negative phenomenon is also a low level of sport activities of the Slovak people. The duration of a physical activity rapidly decreases with the age. The young prefer recreational sport. The elderly categories prefer walking. However, there has been a very high percentage of respondents in all age categories who are not interested in an active relax not even one hour a week. This increases the percentage of overweighted people belonging to the first category of obesity (9%) [4].

### **The environmental health as an educational problem**

Our survey is based on five requirements related to environment (note: in our opinion, they shall be perceived as the parts of the basic human rights!):

1. fresh (uncontaminated) air,
2. availability of healthy and clean water,
3. clean and nutritious food,
4. safe habitation,
5. fixed global ecosystem.

A question related to those basic conditions emerges: What is a current situation in the Slovak Republic? According to latest statistic data the term *environmental health* implies the following areas:

- a man's birth, human life and the causes of death, the environment he has been living in during his life,
- individual nutrition mode (its comparison with a rational nutrition model),
- mutual interaction – *health and environment*,

- to meet the basic requirements for healthy environment,
- a social status of people,
- an impact of the environmental factors on man's health (including e.g. working activity, risks resulting from the character of a working activity),
- a work position as an indicator of an environmental risk,
- a global risk ratio resulting from the particular lifestyle,
- an influence of the society on the human orientation towards the environmental health,
- a contribution of positive motivation leading to increasing of prevention,
- demographic development as an objective-subjective factor,
- abundance financial resources as well as the poverty as limiting factors of Slovak population which create the problematic situations when ensuring the optimal state of environmental health in the society.

Certain factors mentioned above were subject to our research in the particular school conditions. We also noticed the regional diversities that influence a formation of attitudes towards one's lifestyle [3].

### **Conclusions drawn from the research**

As the other studies showed it was essential to start with the innovation of curricula for the school subjects particularly those related to natural sciences (environmental education, chemistry and biology). On the basis of a detailed analysis of the subjects mentioned above and differentiation of pupils and students to individual age categories the new aims were defined for the implementation of environmental health in the school system. The curriculum for the first level of elementary schools was based on a curriculum approved in 1997 including the revised requirements for the environmental education, which was incorporated to curricula for all natural subjects. For the second level of elementary schools, the following principles related to the innovation were defined:

- education on environment,
- education by means of environment,
- education of pupils and students in order an environment.

At secondary grammar schools, secondary technical schools and secondary vocational schools, this topic was applied to the curriculum in 1997 and within the program "Health supporting towns" it focused on the local and regional problems related to environmental health and health of the young. An environmental minimum as an important background has been applied in the educational plans of elementary schools and secondary schools since 1996. These facts have enabled us to work out a comparative analysis of the impacts of revised educational contents in selected schools during eight years. In the framework of the "Sanitation of population in the region" the



students were supposed to point out negative factors from environment and man's lifestyle that endanger them and suggest preventive projects in order to be healthy. They worked in groups of 5–6 members. They were supported by a university student that worked this topic out in his thesis (diploma work). Students were mainly interested in those tasks where they could get information about causes of obesity, stress and about sticking tasks of chemical substances in environment. They started thinking about how to eliminate various negative phenomena, e.g. to persuade their parents to have the water analyzed from their springs and wells, not to discharge a domestic waste into the streams, not to create illegal waste dumps, to organize a separated collection of waste, to regulate the eating habits etc. However, there was also a group of skeptics among them who thought there was no way. About 50% of the students would like to learn by means of this method in the future.<sup>3</sup> The results we have obtained are didactically very interesting. They point out a positive change in the student's attitudes towards their own environmental health.

In order to have a complex view within the topic of environmental health, it is also interesting to find out the state of implementation of this topic in the education at the Slovak universities. Medical and veterinary schools are the most active in the field of environmental health. The schools that have environmental education in their specialisation are less active. This is one of the reserves where it is possible to improve the awareness on how people can influence their environmental health.

There are two aspects that need to be evaluated within the formation of environmental health. The first aspect is a human himself, his attitudes to his own environmental health and his intellectual ability to promote responsible approaches. The second one is an ability of the society and its structures to create the essential conditions for people so as they could be sure of the basic living conditions that were mentioned in the first paragraph of this work. Agenda 21 brought forward several new requirements that have not been fulfilled yet. Every point mentioned here need to be analyzed in the particular conditions. In general, we can say that there is not enough attention paid to this field in the world. In the Slovak Republic the situation is fixed in the first three items yet but there is not satisfactory e.g. in the nutrition of children and population in general. The field of the food safety reports a very similar situation. Especially an uncontrolled and unchecked food import represents a potential risk to health of a wide community. In 2003, we recorded an increase in the imported over-limited food samples tested for foreign substances by 3.5%. However, an effective and systematic controlling mechanism that could guarantee a safety food distribution is still lacking [6].

## **Conclusion**

It is also obvious from our research that an educational system in the Slovak Republic has to have a tendency to improve our environmental health. Our school



system still lacks qualified teachers who are able to implement the creation and maintenance of optimal environmental health into the program of natural subjects. We suppose it is also possible to incorporate the environmental topics into the education of other subjects, e.g. slovak language, foreign languages, history etc. in order to obtain information about the importance, sensitivity, time planning and necessity of environmental health for the students' future life. The results obtained at particular elementary schools revealed that it was necessary to decrease a ratio of abstract facts in all subjects particularly in chemistry. The results also revealed that it was better to place an emphasis on the innovative methods [7]. A so called "topic work" seems to be very convenient in order to create better conditions for a learning process in 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> classes of elementary schools.

It is also essential to change the negative attitudes of students against chemistry. This can be achieved by means of a systematic change in the chemistry curriculum. We have to keep to the basic principles but at the same time, the students should obtain information which could help to form their attitudes towards their own environmental health.

### References

- [1] Yassi A., Kjellström T., de Kok T., Guidotti T.: Basic Environmental Health. University of Manitoba, 1997, p. 429.
- [2] Hilbert H., et al.: Environmentálne zdravie v školách SR. Mscr. (MŠ SR, MŽP SR, Bratislava), 2000, s. 55.
- [3] Kašiarová S.: Postavenie chémie pri implementácii environmentálneho zdravia do základných škôl. Dizertačná práca, Banská Bystrica: 2005, s. 127.
- [4] Kolektív: Informácia o aktualizácii Národného programu podpory zdravia vrátane výsledkov o zdravotnom uvedomení obyvateľstva. Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava 2005.
- [5] Cejpek K.: Optimalizácia obsahu chémie výživy vo výchovno-vzdelávacom procese na základných a stredných školách. Acta Universitatis Matthiae Belii, Séria chémie, Banská Bystrica: FPV UMB, 1999, **3**, 128-138.
- [6] Klinda J., et al: Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2003. Bratislava: MŽP SR, 2004, s. 240.
- [7] Vaculčíková D.: Učiteľ chémie a tvorivosť. Acta Universitatis Matthiae Belii, Séria chémie, Banská Bystrica: FPV UMB, 2000, **4**, 146-151.

### ROLA EDUKACJI DOTYCZĄCEJ ŚRODOWISKOWEJ OCHRONY ZDROWIA WŚRÓD OBYWATELI REPUBLIKI SŁOWACKIEJ

#### Streszczenie

W pracy omówiono czynniki i interakcje mające wpływ na tworzenie środowiska ochrony zdrowia wśród obywateli Słowacji. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych wśród uczniów szkół podstawowych autorzy próbują określić czynniki mające wpływ na upowszechnianie problematyki

zdrowego odżywiania się i promocję zdrowego stylu życia w ramach edukacji przyrodniczej w systemie szkolnictwa Republiki Słowackiej.

**Key words:** edukacja, środowiskowa ochrona zdrowia, środowisko ☒