

HALINA GAMBUŚ, GABRIELA ZIĘĆ, DOROTA LITWINEK,
MONIKA DRUŻKOWSKA, FLORIAN GAMBUŚ, BARBARA MICKOWSKA

PORÓWNANIE WARTOŚCI WYPIEKOWEJ MĄKI Z PSZENICY ORKISZOWEJ Z MĄKĄ Z PSZENICY ZWYCZAJNEJ

Streszczenie

Celem pracy było porównanie składu chemicznego i wartości wypiekowej mąki typu 500 z pszenicy zwyczajnej z mąką z pszenicy orkiszowej uzyskanych podczas przemiału laboratoryjnego ziarna uprawianego w gospodarstwach ekologicznych. Materiałem doświadczalnym były mąki i chleby pszenne wypieczone z tych mąk. Oceniono wartość technologiczną mąki, w tym wodochłonność metodą AACC oraz skład chemiczny mąk metodami AOAC. Wypieczone chleby metodą bezpośrednią oceniono organoleptycznie, a następnie zmierzono ich objętość, wilgotność i parametry tekstury miękiszu w dniu wypieku, jak również podczas trzydobowego przechowywania.

Mąka pszenna orkiszowa odznaczała się dużą wodochłonnością i zawartością glutenu o słabej jakości, co potwierdziły wypieki, gdyż objętość chlebów z mąki orkiszowej była istotnie mniejsza w porównaniu z objętością chleba pszennego z mąki handlowej. Mąka z trzech odmian pszenicy orkiszowej odznaczała się istotnie większą zawartością białka ogółem w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej, natomiast pod względem zawartości pozostałych składników chemicznych, tj. skrobi, włókna pokarmowego, tłuszczu i popiołu, mąki orkiszowe nie różniły się istotnie od mąki z pszenicy zwyczajnej tego samego typu 500 zakupionej w młynie przemysłowym. Zawartość aminokwasów egzogennych oraz wskaźniki: aminokwasu ograniczającego – CS i aminokwasów egzogennych EAA w mące orkiszowej i mące z pszenicy zwyczajnej były porównywalne. Na podstawie wyników wilgotności miękiszu i jego profilu tekstury (analiza TPA) nie można autorytatywnie stwierdzić, że pieczywo wyprodukowane z mąki orkiszowej ulega szybkiemu starzeniu się, jak również nie można potwierdzić doniesień o dłuższym zachowaniu świeżości przez to pieczywo w porównaniu z chlebami z mąki z pszenicy zwyczajnej.

Słowa kluczowe: pszenica orkisz i zwyczajna, wartość wypiekowa mąki, składniki odżywcze, jakość pieczywa

Prof. dr hab. inż. H. Gambuś, dr G. Zięć, dr D. Litwinek, mgr inż. M. Drużkowska, Katedra Technologii Węglowodanów, dr B. Mickowska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, prof. dr hab. inż. F. Gambuś, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydz. Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków. Kontakt: rrgambus@cyf-kr.edu.pl

Wprowadzenie

Produkty zbożowe to składniki diety powstające po przetworzeniu ziaren zbóż. Są to najbardziej rozpowszechnione produkty żywnościowe zawierające zarówno całe ziarno, jak i jego części składowe, takie jak zarodek czy otręby w postaci gotowych preparatów, które mogą wzbogacać codzienne posiłki. Zboża dostarczają organizmowi niezbędnych składników odżywczych, co ważne, w ilościach zaspokajających ich dzienne zapotrzebowanie [9].

Jednym z najważniejszych i najpopularniejszych zbóż jest pszenica – źródło węglowodanów (szczególnie skrobi), białek, witamin, składników mineralnych i włókna pokarmowego [22], jak również przeciwutleniaczy, wśród których najliczniejszą grupę stanowią polifenole [21].

Jak podkreśla się we wcześniejszych badaniach innych autorów, największe spżycie spośród różnych grup żywności dotyczy przetworów pszenicznych. Postęp, jaki dokonuje się w dziedzinie genetyki, prowadzi do tworzenia odmian zbóż wysokoplennych, niestety o niewystarczającej wartości odżywczej. To skłania hodowców do powtórnego wykorzystania pierwotnych odmian pszenicy, które choć mniej plenne, odznaczają się ziarnem o dużej wartości odżywczej [34].

Interesującą formą pszenicy jest orkisz – pszenica znana już w starożytności, wyparta następnie przez pszenicę zwyczajną, przeżywająca obecnie swój renesans. Odznacza się ona wieloma cechami umożliwiającymi jej uprawę w gospodarstwach ekologicznych, m.in. źle znosi wysokie dawki nawozów – charakteryzuje się bowiem długą łodygą i zbyt intensywne nawożenie prowadzi do jej wylegania [32]. Ograniczone stosowanie nawożenia powoduje, że wśród odbiorców żywności ekologicznej pszenica orkisz wzbudza największe zainteresowanie. Ponadto, jak wynika z literatury przedmiotu [6, 33], jej wartość odżywcza jest większa od pszenicy zwyczajnej. Pszenicy orkiszowej przypisuje się również wiele walorów zdrowotnych, o których wiedzieli już przodkowie [8].

Celem pracy było porównanie składu chemicznego i wartości wypiekowej mąki typu 500 z pszenicy zwyczajnej z mąką z pszenicy orkisz, uzyskanych podczas prze-miału laboratoryjnego ziarna z uprawy w gospodarstwach ekologicznych, w tym samym rejonie klimatycznym, tj. w województwie kujawsko-pomorskim.

Material i metody badań

Materiałem do badań było ziarno mieszanki pszenicy zwyczajnej, pochodzącej z dwóch gospodarstw ekologicznych w województwie kujawsko-pomorskim:

- ziarno pszenicy zwyczajnej z gospodarstwa „Bartkowski” w Brodnicy oznaczone w pracy jako pszenica BIO I,

- ziarno pszenicy zwyczajnej z gospodarstwa „Tykarska” w Brodnicy oznaczone w pracy jako pszenica BIO II.

Materiałem doświadczalnym było także ziarno z trzech odmian pszenicy orkisz pochodzące z gospodarstwa ekologicznego „Aleksandra i Mieczysław Babalscy” w Pokrzydowie:

- dwóch odmian ozimych – Oberkulmer Rotkorn oraz Frankenkorn,
- jednej odmiany jarej o nieznanym nazwie.

Ziarno obu form pszenicy zmielono na mąkę w laboratoryjnym młynie Quadrumat Senior i uzyskano mąkę jasną typu 500. Do dalszych badań używano także mąki pszennej typu 500 wyprodukowanej w młynie przemysłowym PZZ w Krakowie S. A.

Materiałem doświadczalnym były także chleby wypieczone metodą bezpośrednią z ww. surowców.

Przeprowadzono analizę mąki, która obejmowała: liczbę opadania – metodą Haddberga Pertena w aparacie Falling Number 1800 (Szwecja) [13], analizę glutenu – w aparacie Glutomatic 2200 firmy Falling Number (Szwecja) [13], wartość indeksu glutenowego – w specjalnej wirówce typu 2015 (Szwecja) zgodnie z instrukcją firmy Perten, a także wodochłonność – w aparacie Farinograph firmy Brabender (Niemcy) [1].

Skład chemiczny badanych mąk, tj. zawartość: wody, białka ogółem, tłuszczu, związków mineralnych w postaci popiołu oraz włókna pokarmowego – frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej oznaczano metodami AOAC [3]. Oznaczano także zawartość makro- i mikropierwiastków (P, K, Mg, Ca, Na, Fe, Zn, Mn, Cu). Próbkę spopielił na sucho przez 4 h w temp. 900 °C, a popiół rozpuszczano w kwasie azotowym(V). Wapń i potas oznaczano metodą emisji atomowej, pozostałe badane składniki mineralne – spektrofotometrem emisyjnym z indukcyjnie wzbudzoną plazmą JI 238 Ultrace firmy Jobin Yvon (Francja), a skład aminokwasowy analizatorem aminokwasów AAA 400 Ingos (Czechy) [29]. Na podstawie ilości i rodzaju aminokwasów obliczano wskaźniki wartości odżywczej białka – wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) oraz zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych (EAA).

Wypiek laboratoryjny przeprowadzano metodą bezpośrednią. Ciasto na chleb pszenny i orkiszowy sporządzano według receptury przedstawionej w tab. 1.

Proces przygotowania ciasta chlebowego obejmował: mieszanie ciasta przez 9 min, pierwszą fermentację ciasta (15 min w temp. 40 °C), formowanie kęsów ciasta o masie 250 g, drugą fermentację (20 min, w foremkach, w temp. 40 °C). Chleby wypiekano w temp. 230 °C przez 30 min w piecu Miwe Condo, typ CO 2608 (Miwe, Niemcy).

Tabela 1. Receptury badanych chlebów

Table 1. Recipes of breads analysed

| Rodzaj chleba Type of bread | Mąka pszenna Wheat flour [g] | Woda Water [cm ³] | Drożdże Yeast [g] | Sól Salt [g] |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Z handlowej mąki pszennej typu 500 (standard) Made from commercial wheat flour type 500 | 1000 | 620* | 30 | 15 |
| Z pszenicy BIO I Made from common wheat BIO I | 1000 | 625 | 30 | 15 |
| Z pszenicy BIO II Made from common wheat BIO II | 1000 | 620 | 30 | 15 |
| Z pszenicy orkisz ozimej odmiany Oberkulmer Rothkorn / Made from Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 1000 | 645 | 30 | 15 |
| Z pszenicy orkisz ozimej odmiany Frankenkorn Made from Frankenkorn winter spelt wheat variety | 1000 | 680 | 30 | 15 |
| Z pszenicy orkisz jarej Made from spring spelt wheat | 1000 | 720 | 30 | 15 |

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – oznaczona wodochłonność 500 j.B + 30 cm³ H₂O w celu doprowadzenia do konsystencji ciasta 350 j.B / water binding capacity determined at 500 B.U. + 30 cm³ of H₂O in order to achieve a dough consistency of 350 B.U.

Po wyjęciu z pieca chleby studzono przez ok. 2 h, następnie ważono, mierzono objętość w laserowym mierniku objętości Volscan Profiler (Wielka Brytania). Wykonywano także organoleptyczną ocenę punktową zgodnie z normą [24] przez 10-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej. Wyliczano również całkowitą stratę wypiekową oraz wydajność otrzymanego pieczywa [4].

Chleby przechowywano przez 3 doby w woreczkach z folii polietylenowej (LDPE), w stałych warunkach wilgotności względnej (64 %) oraz w temp. 20 °C. Zarówno w dniu wypieku, jak i w każdym kolejnym dniu przechowywania oznaczano wilgotność miękkiszu chleba [3] oraz wybrane cechy mechaniczne miękkiszu metodą TPA, tj. twardość, żujność, odbojność i spójność analizatorem tekstury TA. XT Plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Test polegał na dwukrotnym ściśnięciu próbki w środkowej części kromki o grubości 3 cm trzpieniem o średnicy 20 mm, z prędkością przesuwu 2 mm·min⁻¹. Przerwa między cyklami wynosiła 2 s, a stopień kompresji – 3 mm.

Wszystkie analizy wykonano w co najmniej dwóch powtórzeniach. Jednoczynnikową analizę wariancji wykonano przy użyciu programu komputerowego Statistica 10.0. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

W badanych mąkach oznaczono zawartość podstawowych składników chemicznych (tab. 2). Istotnie większą zawartością białka ogółem spośród wszystkich analizowanych prób wyróżniały się mąki z pszenicy orkisz, zarówno odmian ozimych, jak i jarej (na poziomie 13 % s.s.). Mąka handlowa z produkcji przemysłowej odznaczała się istotnie, ale niewiele mniejszą zawartością białka (12,65 % s.s.) w porównaniu z mąką pszenną orkiszową, natomiast obie analizowane mąki z pszenicy zwyczajnej z gospodarstw ekologicznych wyróżniały się najmniejszą zawartością białka (BIO I – 7,59 %, BIO II – 8,92 %), o kilka procent mniejszą w odniesieniu do mąki handlowej (tab. 2). Zawartość białka w pszenicy orkiszowej nie odbiegała od wyników opublikowanych wcześniej przez innych autorów [17].

Tabela 2. Zawartość podstawowych składników chemicznych w mące orkiszowej i w mące z pszenicy zwyczajnej

Table 2. Content of basic chemical compounds of spelt wheat and common wheat flours

| Rodzaj mąki Type of flour | Białko ogółem [% s.s.] Total protein [% d.m.] (N×5,7) | Włókno pokarmowe [% s.s.] Dietary fibre [% d.m.] | | | Skrobia [% s.s.] Starch [% d.m.] | Tłuszcz [% s.s.] Fat [% d.m.] |
|--|---|---|-------------------------------|-----------------------------|---|--|
| | | Rozpuszczalne Soluble | Nierozpuszczalne Insoluble | Całkowite Total | | |
| Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500 | 12,56 ^c ± 0,22 | 0,84 ^a ± 0,04 | 2,44 ^c ± 0,04 | 3,28 ^b ± 0,08 | 79,15 ^b ± 0,13 | 1,45 ^{bc} ± 0,09 |
| Pszenna BIO I Common wheat BIO I | 7,57 ^a ± 0,14 | 1,53 ^d ± 0,08 | 2,30 ^b ± 0,04 | 3,83 ^d ± 0,01 | 83,63 ^d ± 0,01 | 1,26 ^b ± 0,00 |
| Pszenna BIO II Common wheat BIO II | 8,92 ^b ± 0,11 | 1,11 ^b ± 0,03 | 1,87 ^a ± 0,01 | 2,98 ^a ± 0,01 | 78,98 ^b ± 0,06 | 0,85 ^a ± 0,08 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 13,18 ^d ± 0,12 | 1,23 ^c ± 0,06 | 1,82 ^a ± 0,02 | 3,05 ^a ± 0,04 | 75,91 ^a ± 0,19 | 1,57 ^c ± 0,08 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn / Frankenkorn winter spelt wheat variety | 13,25 ^d ± 0,18 | 1,85 ^e ± 0,01 | 1,85 ^a ± 0,00 | 3,70 ^c ± 0,01 | 80,45 ^c ± 0,09 | 1,49 ^c ± 0,00 |
| Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat | 13,00 ^d ± 0,09 | 1,46 ^d ± 0,03 | 1,85 ^a ± 0,07 | 3,31 ^b ± 0,04 | 80,81 ^c ± 0,28 | 1,50 ^c ± 0,17 |

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6; a, b, c, d, e – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p ≤ 0,05) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly (p ≤ 0.05).

Pod względem zawartości oznaczonych aminokwasów egzogennych mąki orkiszowe nie różniły się od mąki z pszenicy zwyczajnej pochodzącej z młyna przemysłowego (tab. 3). Nie potwierdza to wyników wcześniej opublikowanych przez innych autorów [11], którzy oznaczyli większą zawartość wszystkich aminokwasów egzogennych w mące orkiszowej w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej, z wyjątkiem zawartości lizyny, która była porównywalna w obydwu rodzajach mąk. Jak wynika z danych zawartych w tab. 3., w dwóch badanych próbach mąki orkiszowej (Frankenkorn i orkiszu jarego) oznaczono niewiele większą, ale statystycznie istotną zawartość lizyny w odniesieniu do pozostałych mąk. Najmniejszą zawartością wszystkich aminokwasów egzogennych charakteryzowały się mąki z pszenicy zwyczajnej BIO I i BIO II (tab. 3), w których oznaczono najmniejszą zawartość białka (tab. 2).

Tabela 3. Zawartość wybranych aminokwasów egzogennych w badanych mąkach
Table 3. Content of selected exogenous amino acids in flours analysed

| Rodzaj mąki Type of flour | Thr | Val | Ile | Leu | Phe | Met | Lys |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | [mg/g s.s.] / [mg/g d.m.] | | | | | | |
| Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500 | 3,34 ^c ± 0,03 | 5,40 ^c ± 0,01 | 4,71 ^c ± 0,01 | 8,85 ^c ± 0,00 | 6,44 ^c ± 0,01 | 2,73 ^c ± 0,02 | 2,52 ^{bc} ± 0,00 |
| Pszenna BIO I Common wheat BIO I | 2,30 ^a ± 0,06 | 3,79 ^a ± 0,12 | 3,10 ^a ± 0,03 | 6,09 ^a ± 0,02 | 4,02 ^a ± 0,01 | 1,87 ^a ± 0,04 | 2,18 ^a ± 0,06 |
| Pszenna BIO II Common wheat BIO II | 2,76 ^b ± 0,03 | 4,02 ^b ± 0,00 | 3,79 ^b ± 0,01 | 7,13 ^b ± 0,01 | 5,06 ^b ± 0,00 | 2,30 ^b ± 0,02 | 2,18 ^a ± 0,00 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn / Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 3,34 ^c ± 0,00 | 5,86 ^c ± 0,05 | 4,94 ^c ± 0,02 | 9,73 ^c ± 0,03 | 6,67 ^c ± 0,03 | 2,99 ^d ± 0,03 | 2,52 ^{bc} ± 0,02 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | 3,68 ^c ± 0,07 | 6,09 ^c ± 0,12 | 5,30 ^c ± 0,13 | 10,00 ^c ± 0,18 | 7,24 ^c ± 0,05 | 3,05 ^d ± 0,13 | 2,87 ^c ± 0,02 |
| Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat | 3,34 ^c ± 0,01 | 4,60 ^c ± 0,03 | 4,83 ^c ± 0,04 | 9,31 ^c ± 0,10 | 6,67 ^c ± 0,07 | 2,99 ^d ± 0,02 | 2,64 ^{bc} ± 0,00 |

Objaśnienia / Explanatory notes:

Thr – treonina / threonine; Val – walina / valine; Ile – izoleucyna / isoleucine; Leu – leucyna / leucine; Phe – fenyloalanina / phenylalanine; Met – metionina / methionine; Lys – lizyna / lysine.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.

Nie zaobserwowano także istotnych różnic pomiędzy zawartością oznaczonych aminokwasów endogennych w mąkach orkiszowych i handlowej mące z pszenicy zwyczajnej (tab. 4), co potwierdza dane opublikowane przez Galovą i Knoblochową

[11]. I w tym przypadku najmniejszą zawartość aminokwasów endogennych oznaczono w mąkach z pszenicy zwyczajnej BIO I i BIO II.

Ze względu na to, że metody chemicznego oznaczania aminokwasów pozwalają jedynie określić ich zawartość w produkcie, nie mogą one być głównym kryterium oceny jakości białka. Nie uwzględniają one bowiem strawności białka oraz stopnia jego przyswajalności i zapotrzebowania na indywidualne aminokwasy, szczególnie egzogenne [10, 14]. Dlatego też zawartość aminokwasów w 100 g badanego białka porównuje się ze wzorcem zaproponowanym przez FAO/WHO [10]. Na podstawie analiz wykazano, że aminokwasem ograniczającym wartość biologiczną białka badanych mąk była lizyna.

Tabela 4. Zawartość wybranych aminokwasów endogennych w badanych mąkach
Table 4. Content of selected endogenous amino acids in flours analysed

| Rodzaj mąki Type of flour | Asp | Ser | Glu | Pro | Gly | Ala | Cys | Tyr | His | Arg |
|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | [mg/g s.s.] / [mg/g d.m.] | | | | | | | | | |
| Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500 | 5,17 ^{ab} ± 0,01 | 6,09 ^c ± 0,01 | 45,29 ^c ± 0,08 | 17,36 ^c ± 0,08 | 4,60 ^b ± 0,00 | 3,79 ^b ± 0,01 | 3,92 ^c ± 0,05 | 4,02 ^b ± 0,01 | 3,33 ^b ± 0,02 | 5,75 ^b ± 0,03 |
| Pszenna BIO I Common wheat BIO I | 4,02 ^a ± 0,02 | 3,91 ^a ± 0,05 | 26,21 ^a ± 0,13 | 10,46 ^a ± 0,05 | 3,22 ^a ± 0,00 | 2,87 ^a ± 0,02 | 2,82 ^a ± 0,05 | 2,53 ^a ± 0,06 | 2,18 ^a ± 0,02 | 4,37 ^a ± 0,00 |
| Pszenna BIO II Common wheat BIO II | 4,18 ^a ± 0,01 | 4,83 ^b ± 0,01 | 34,02 ^b ± 0,06 | 12,99 ^b ± 0,02 | 3,56 ^a ± 0,01 | 3,10 ^a ± 0,00 | 3,36 ^b ± 0,01 | 2,87 ^a ± 0,01 | 2,53 ^b ± 0,02 | 4,71 ^a ± 0,01 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn / Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 5,29 ^b ± 0,01 | 6,09 ^c ± 0,00 | 46,44 ^c ± 0,13 | 18,16 ^c ± 0,01 | 4,48 ^b ± 0,00 | 3,79 ^b ± 0,01 | 4,25 ^d ± 0,04 | 4,25 ^b ± 0,01 | 3,33 ^b ± 0,40 | 5,75 ^b ± 0,03 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | 4,94 ^{ab} ± 0,11 | 6,44 ^c ± 0,13 | 48,51 ^c ± 0,52 | 19,54 ^c ± 0,57 | 4,94 ^b ± 0,08 | 4,14 ^b ± 0,08 | 4,31 ^d ± 0,16 | 4,14 ^b ± 0,05 | 3,45 ^b ± 0,00 | 6,09 ^b ± 0,13 |
| Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat | 5,75 ^b ± 0,01 | 6,09 ^c ± 0,07 | 45,52 ^c ± 0,48 | 17,93 ^c ± 0,15 | 4,48 ^b ± 0,04 | 3,91 ^b ± 0,04 | 4,26 ^d ± 0,04 | 4,02 ^b ± 0,04 | 3,33 ^b ± 0,01 | 5,63 ^b ± 0,03 |

Objaśnienia / Explanatory notes:

Asp – asparagina / asparagine; Ser – seryna / serine; Glu – kwas glutaminowy / glutamic acid; Pro – prolina / proline; Gly – glicyna / glycine; Ala – alanina / alanine; Cys – cysteina / cysteine; Tyr – tyrozyna / tyrosine; His – histydyna / histidine; Arg – arginina / arginine.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6; a, b, c, d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie (p ≤ 0,05) / mean values in lines denoted by different letters differ statistically significantly (p ≤ 0.05).

Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) we wszystkich mąkach orkiszowych (34,82 ÷ 36,89 %) był porównywalny z mąką pszenną handlową – 35,88 % (tab. 5) i istotnie mniejszy od mąki z pszenicy zwyczajnej BIO I (50,25 %) i BIO II (41,40 %). Mąki z pszenicy zwyczajnej BIO I i BIO II wyróżniały się też największym zintegrowanym wskaźnikiem aminokwasów egzogennych (EAA), odpowiednio: 90,84 i 88,31 %, co świadczy o większej wartości biologicznej białka w tych mąkach w porównaniu z mąkami orkiszowymi, w których EAA zawierał się w granicach 84,96 ÷ 85,81 % (tab. 5).

Tabela 5. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) i wskaźnik aminokwasów egzogennych (EAA) badanych mąk

Table 5. Chemical Score (CS) Index and Exogenous Amino Acids (EAA) Index of flours analysed

| Rodzaj mąki / Type of flour | CS [%] | EAA [%] |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500 | 35,88 ^{ab} ± 0,93 | 85,46 ^a ± 0,62 |
| Pszenna BIO I / Common wheat BIO I | 50,25 ^d ± 1,39 | 90,87 ^c ± 0,71 |
| Pszenna BIO II / Common wheat BIO II | 41,40 ^c ± 0,45 | 88,31 ^b ± 0,25 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 34,82 ^a ± 1,19 | 84,96 ^a ± 0,71 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | 36,89 ^b ± 1,04 | 85,81 ^a ± 0,52 |
| Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat | 36,42 ^{ab} ± 1,49 | 85,68 ^a ± 0,98 |

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Uzyskane wyniki dotyczące zarówno wskaźnika CS, jak i EAA nie upoważniają więc do poparcia stanowiska podkreślającego większą wartość biologiczną białka pszenicy orkisz w porównaniu z białkiem z pszenicy zwyczajnej [8].

Mąka z pszenicy BIO I, o najmniejszej zawartości białka, charakteryzowała się jednocześnie największą zawartością skrobi i największą zawartością włókna pokarmowego w porównaniu ze wszystkimi pozostałymi mąkami (tab. 2).

W mące z pszenicy BIO II, drugiej pod względem małej zawartości białka, oznaczono też najmniejszą zawartość włókna pokarmowego i porównywalną z innymi mąkami zawartość skrobi.

We wszystkich badanych mąkach oznaczono zawartość włókna pokarmowego w granicach 2,98 ÷ 3,83 % s.s. (tab. 2). Mąki orkiszowe nie wyróżniły się pod tym względem, bowiem największą i porównywalną zawartość włókna pokarmowego ogółem oznaczono zarówno w mące orkiszowej z ziarna odmiany Frankenkorn (3,70 % s.s.), jak i w mące z pszenicy zwyczajnej BIO I (3,83 % s.s.), co jest zgodne z wynikami badań wcześniejszych [30]. We wszystkich mąkach oznaczono większą zawartość frakcji włókna nierozpuszczalnego, z wyjątkiem mąki z pszenicy orkiszowej

Frankenkorn, w której włókno pokarmowe występowało w jednakowej ilości (po 50 %) we frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej.

Najmniejszą zawartość skrobi (75,91 %) oznaczono w mące orkiszowej z ziarna odmiany Oberkulmer Rothkorn, w odniesieniu do wszystkich badanych mąk (tab. 2). Zawartość skrobi w tej mące była także istotnie mniejsza w porównaniu z pozostałymi mąkami orkiszowymi (80,45 i 80,81 %), co nie znajduje potwierdzenia w zawartości białka, (porównywalnej we wszystkich mąkach orkiszowych), a jak wiadomo znana jest odwrotnie proporcjonalna zależność zawartości białka i skrobi w ziarnach zbóż [7]. W dotychczas opublikowanych pracach wykazano znacznie mniejszą zawartość skrobi w mąkach orkiszowych w granicach 48,29 ÷ 66,66 % [2, 23]. Różnice te mogą być spowodowane takimi czynnikami, jak odmiana, warunki klimatyczne czy agrotekologiczne. W większości przypadków autorzy nie podają typu analizowanych mąk, pisząc tylko, że była to mąka „jasna”, „sitkowa” lub „całoziarnowa”.

W mąkach orkiszowych oznaczono porównywalną zawartość substancji tłuszczowych – ok. 1,5 % s.s. i była to zawartość istotnie większa od zawartości tego składnika w mąkach z pszenicy zwyczajnej – 0,85 ÷ 1,45 % s.s. (tab. 2). W badaniach innych autorów wyniki oznaczenia tego składnika zarówno w mąkach, jak i ziarnie orkiszu były zróżnicowane – 0,74 ÷ 1,26 % [23].

Tabela 6. Zawartość wybranych makroelementów w badanych mąkach

Table 6. Content of selected macroelements in flours analysed

| Rodzaj mąki Type of flour | Zawartość makroelementów / Content of macroelements [mg/kg] | | | | |
|---|--|----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| | P | K | Mg | Ca | Na |
| Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500 | 998 ^b ± 2,12 | 1302 ^d ± 2,83 | 129 ^d ± 1,70 | 28 ^c ± 1,06 | 25 ^{ab} ± 0,71 |
| Pszenna BIO I Common wheat BIO I | 938 ^b ± 10,61 | 1710 ^e ± 19,09 | 112 ^b ± 0,92 | 28 ^c ± 0,21 | 25 ^a ± 0,78 |
| Pszenna BIO II Common wheat BIO II | 832 ^a ± 11,31 | 1195 ^c ± 60,81 | 103 ^a ± 0,42 | 27 ^c ± 0,07 | 27 ^{bc} ± 0,99 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 1022 ^b ± 70,71 | 732 ^a ± 15,56 | 121 ^c ± 3,82 | 27 ^c ± 0,21 | 28 ^c ± 0,14 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn / Frankenkorn winter spelt wheat variety | 1324 ^c ± 28,99 | 1105 ^b ± 4,95 | 176 ^f ± 0,78 | 22 ^a ± 0,28 | 25,1 ^a ± 0,71 |
| Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat | 1339 ^c ± 46,67 | 1246 ^{cd} ± 43,13 | 149 ^e ± 1,56 | 25 ^b ± 0,64 | 34,4 ^d ± 0,21 |

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Przy zbliżonej zawartości popiołu we wszystkich analizowanych mąkach, w mąkach orkiszowych oznaczono istotnie większą zawartość fosforu (P) – (1022 ÷ 1339 mg/kg) w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej (832 ÷ 998 mg/kg) – tab. 6. Potwierdza to dane literaturowe z wcześniejszych badań [25] odnośnie do zawartości fosforu. W dwóch próbach mąki orkiszowej (z orkiszu ozimego odmiany Frankenkorn i z orkiszu jarego) oznaczono też istotnie większą zawartość magnezu (Mg) – 148,9 ÷ 176,3 mg/kg w odniesieniu do pozostałych prób (103 ÷ 128,7 mg/kg). Zawartość pozostałych oznaczonych makroelementów, tj. K, Ca, i Na w mąkach orkiszowych była zbliżona do oznaczonej w mąkach z pszenicy zwyczajnej (tab. 6). Oceniane mąki orkiszowe nie odbiegały też od mąk z pszenicy zwyczajnej pod względem zawartości oznaczonych mikroelementów (tab. 7). Mąki te wyróżniały się istotnie jedynie zawartością żelaza (Fe), choć ziarno było uprawiane w tych samych warunkach agrotechnicznych. Wyniki przedstawione w tej pracy nie potwierdzają więc opinii zawartej w publikacji Rachoń i Szumiły [26], w której podkreślono większą zawartość Cu, Fe, Mn w mąkach orkiszowych w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej. Jak wynika z danych zawartych w tab. 7., największą zawartością Fe, Mn i Cu odznaczała się mąka z pszenicy zwyczajnej BIO I, ale najprawdopodobniej było to spowodowane obecnością otrąb w tej mące, co jednocześnie uniemożliwiało wymycie z niej glutenu (tab. 8).

Tabela 7. Zawartość popiołu i wybranych mikroelementów w badanych mąkach

Table 7. Content of total ash and selected macroelements in flours analysed

| Rodzaj mąki Type of flour | Popiół całkowity Total ash [%] | Fe | Zn | Mn | Cu |
|---|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | [mg/kg] | | | |
| Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500 | 0,50 ^b ± 0,00 | 15,50 ^c ± 1,34 | 14,85 ^a ± 0,71 | 4,45 ^b ± 0,01 | 0,62 ^{bc} ± 0,01 |
| Pszenna BIO I Common wheat BIO I | 0,50 ^b ± 0,00 | 48,91 ^d ± 0,14 | 19,22 ^b ± 0,28 | 6,36 ^c ± 0,10 | 1,30 ^e ± 0,10 |
| Pszenna BIO II Common wheat BIO II | 0,41 ^a ± 0,01 | 13,22 ^b ± 0,35 | 14,63 ^a ± 0,64 | 4,67 ^b ± 0,01 | 0,70 ^c ± 0,10 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | 0,39 ^a ± 0,04 | 10,02 ^a ± 0,64 | 19,07 ^b ± 0,78 | 2,66 ^a ± 0,16 | 0,37 ^a ± 0,01 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn / Frankenkorn winter spelt wheat variety | 0,50 ^b ± 0,00 | 10,55 ^a ± 0,28 | 15,41 ^a ± 0,50 | 2,53 ^a ± 0,03 | 0,51 ^b ± 0,01 |
| Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat | 0,50 ^b ± 0,01 | 9,25 ^a ± 0,50 | 22,5 ^c ± 0,57 | 4,61 ^b ± 0,16 | 0,94 ^d ± 0,02 |

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Ogólnie należy stwierdzić, że pod względem zawartości podstawowych składników chemicznych mąka z trzech odmian pszenicy orkiszowej nie różniła się znacząco od mąki tego samego typu zakupionej w młynie przemysłowym. Natomiast mąki uzyskane z pszenicy BIO I i II, uprawianej w tych samych warunkach agroekologicznych, odznaczały się dużo mniejszą zawartością białka w odniesieniu do badanych mąk orkiszowych.

Oceniając aktywność enzymatyczną badanych mąk można wyróżnić mąkę z orkiszu jarego o najmniejszej aktywności amylolitycznej (największa LO – 428 s) oraz mąkę z orkiszu ozimego odmiany Oberkulmer Rothkorn o największej aktywności (LO – 298 s). Pozostałe mąki odznaczały się generalnie niską i porównywalną aktywnością enzymów amylolitycznych w granicach 319 ÷ 376 s (tab. 8), co jest zgodne z wynikami oznaczenia tego parametru opublikowanymi przez innych autorów [5, 17].

Tabela 8. Wyniki oceny wartości technologicznej analizowanych mąk
Table 8. Assessment results of technological value of flours analysed

| Rodzaj oznaczenia Type of parameter analysed | Rodzaj mąki / Type of flour | | | | | |
|--|--|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| | handlowa typu 500 (standard) commercial type 500 | pszena BIO I common wheat BIO I | pszena BIO II common wheat BIO II | orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | orkiszowa odmiana jara spring spelt wheat |
| Liczba opadania LO Falling number [s] | 376 ^d ± 0,15 | 319 ^b ± 0,23 | 355 ^c ± 1,45 | 298 ^a ± 0,98 | 332 ^b ± 1,15 | 428 ^c ± 0,23 |
| Wodochłonność mąki / Water binding capacity of flour [%] | 58,9 ^a ± 1,65 | 59,3 ^{ab} ± 0,67 | 59,2 ^{ab} ± 0,73 | 61,5 ^c ± 1,12 | 67,8 ^d ± 1,87 | 65,9 ^d ± 1,23 |
| Ilość glutenu mokrego / Amount of wet gluten [%] | 30,2 ^b ± 1,09 | 10* | 20,3 ^a ± 0,15 | 39 ^d ± 0,12 | 36,2 ^c ± 1,85 | 36,4 ^c ± 0,09 |
| Indeks glutenu Gluten index [%] | 93 ^e ± 0,65 | - | 75 ^d ± 0,45 | 53 ^b ± 0,89 | 58 ^c ± 1,21 | 64 ^a ± 0,98 |

Objaśnienia / Explanatory notes:

*Gluten nie wymywa się w systemie aparatu Glutomatic 2200 Norma ICC Standard No 137 / * Gluten does not elute in Glutomatic 2200 system. Norm: ICC Standard No. 137

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 4. / Other explanatory notes as in Tab. 4.

Wprawdzie zawartością glutenu mokrego wyróżniały się wszystkie badane mąki orkiszowe (36,2 ÷ 39 %), ale indeks glutenowy w granicach 53 ÷ 64 % wskazuje na słabą jakość tego glutenu, bowiem do mąk o dobrej wartości wypiekowej zalicza się takie, których wartość indeksu glutenowego mieści się w granicach 60 ÷ 75 % [28]. Do

takiej mąki można zaliczyć mąkę z pszenicy zwyczajnej BIO II i mąkę z orkiszu jarego, natomiast mąkę z młyna przemysłowego można zaliczyć do mąk o bardzo dobrej wartości wypiekowej (indeks glutenowy > 75 %) [28]. Ogólnie należy stwierdzić, że przedstawione w niniejszej pracy wyniki potwierdzają dużą zawartość i słabą jakość glutenu w mąkach orkiszowych, odnotowaną przez innych autorów we wcześniejszych badaniach [5, 18].

Potwierdzeniem słabej jakości glutenu w mące orkiszowej są wykonane wypieki laboratoryjne. Największą objętością bochenka (780 cm³) wyróżniał się chleb z mąki pszennej z przemiału przemysłowego i jemu też przypisano najwyższą liczbę punktów w ocenie organoleptycznej (tab. 9). Wszyscy paneliści jednakowo ocenili badane chleby ze względu na smak, choć źródła internetowe oraz artykuły w prasie popularno-naukowej podkreślają wyjątkowy, orzechowy smak pieczywa orkiszowego [15, 20]. Nieco tylko mniejszą objętością charakteryzował się chleb z mąki orkiszowej odmiany Frankenkorn, ale został on zaklasyfikowany do drugiej klasy jakości ze względu na zbyt duże pory i zbyt gąbczastą strukturę miększu.

Chleb z pszenicy BIO I, mimo zadowalającej objętości, odznaczał się ciemnym miększem z wyraźnie widocznymi otrębami. W ocenie konsumentów przypominał wyglądem chleb z mąki ciemnej, o wyraźnie „rozlanym” kształcie bochenka odbiegającym od pozostałych chlebów, przypominającym kształt foremki, dlatego został on zakwalifikowany do drugiej klasy jakości (tab. 9). Prawdopodobnie z powodu dużej zawartości otrąb w tej mące oznaczono największą zawartość włókna pokarmowego (3,83 % s.s.) – tab. 2, ale było to również przyczyną uniemożliwiająca wymycie glutenu z tej mąki (tab. 8).

Pod względem wydajności pieczywa wszystkie wypieki z pszenicy zwyczajnej były porównywalne, a wypieki z mąki orkiszowej odznaczały się nieznacznie większą wartością tego parametru (tab. 9).

Ocena procesu starzenia się uzyskanych chlebów od dnia wypieku i podczas 3-dobowego przechowywania obejmowała oznaczenie wilgotności miększu oraz parametrów jego tekstury przy zastosowaniu analizy TPA.

Wilgotność miększu ocenianych chlebów podczas całego okresu przechowywania uległa niewielkiemu zmniejszeniu niezależnie od surowca użytego do ich wypieku (tab. 10). Po trzech dobach przechowywania najmniejszą wilgotność stwierdzono w chlebie z mąki handlowej (zmniejszenie wilgotności o 6 %), zaś w pozostałych chlebach zawartość wody zmniejszyła się w miększu średnio o ok. 2 % (tab. 10).

Różnice pod względem ubytku wody w miększu podczas przechowywania tylko w pojedynczych przypadkach okazały się statystycznie istotne, co należy zawdzięczać prawidłowemu przechowywaniu chlebów w woreczkach z folii polietylenowej i w stałych warunkach wilgotności i temperatury. Wyniki te są potwierdzeniem teorii, że chleb niekoniecznie musi tracić wilgoć w procesie starzenia się, gdyż stary, twardy

mięksisz zawiera często tyle samo wody, co świeży [12, 16]. Według Sentiego i Dimlera [27], pozorne wysuszenie miękiszu chleba może być wynikiem transferu wody z miękiszu do skórki, a zmniejszenie zawartości wody w glutenie lub skrobi albo w obydwu tych koloidach powoduje wzrost sztywności ścian porów powietrznych miękiszu i przez to wzrost jego twardości, co potwierdziła w badaniach modelowych Gambuś [12].

Tabela 9. Wyniki oceny jakości chlebów pszennych
Table 9. Evaluation results of wheat breads quality

| Rodzaj mąki użytej do wypieku chleba Type of flour used to bake bread | Masa chleba zimnego Mass of cold bread [g] | Objętość chleba Volume of bread [cm ³] | Wydajność pieczywa Bread yield [%] | Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%] | Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%] | Ocena organoleptyczna Organoleptic assessment | |
|---|---|---|---------------------------------------|---|--|--|--------------------------------|
| | | | | | | Suma pkt Score | Klasa jakości Quality class |
| Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500 | 216 ^{ab} ± 2,12 | 780 ^c ± 14,14 | 139,7 ^a ± 1,34 | 13,8 ^{ab} ± 0,85 | 42,6 ^c ± 0,11 | 39 ± 1,12 | I |
| Pszenna BIO I Common wheat BIO I | 216 ^{ab} ± 2,12 | 640 ^{bc} ± 7,07 | 140,1 ^a ± 1,41 | 13,8 ^{ab} ± 0,85 | 42,2 ^b ± 0,18 | 31 ± 7,8 | II |
| Pszenna BIO II Common wheat BIO II | 217 ^{ab} ± 2,12 | 6,59 ^c ± 9,19 | 140,3 ^a ± 1,41 | 13,4 ^{ab} ± 0,85 | 41,5 ^a ± 0,10 | 38 ± 0,56 | I |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn / Oberkulmer Rothkorn II winter spelt wheat variety | 215 ^{ab} ± 5,66 | 610 ^{ab} ± 2,38 | 141,5 ^a ± 3,75 | 14,0 ^{ab} ± 2,26 | 41,6 ^a ± 0,10 | 35 ± 0,08 | II |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | 211 ^a ± 0,71 | 713 ^d ± 28,99 | 143,9 ^{ab} ± 0,50 | 15,8 ^b ± 0,28 | 42,3 ^{bc} ± 0,19 | 35 ± 0,07 | II |
| Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat | 220 ^b ± 4,24 | 586 ^a ± 24,75 | 148,0 ^b ± 2,83 | 12,0 ^b ± 1,70 | 44,2 ^d ± 0,17 | 38 ± 0,02 | I |

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

W badaniach profilu tekstury miękiszu chleba zaobserwowano, że mimo niewielkiego ubytku wody przez miękisz podczas przechowywania badane chleby przejawiały wyraźne oznaki starzenia się, o czym świadczą zmiany parametrów profilu tekstury pomiędzy dniem wypieku a trzecią dobą przechowywania (rys. 1 - 3). Najmniejsza wilgotność miękiszu chleba standardowego nie znalazła potwierdzenia w jego twardo-

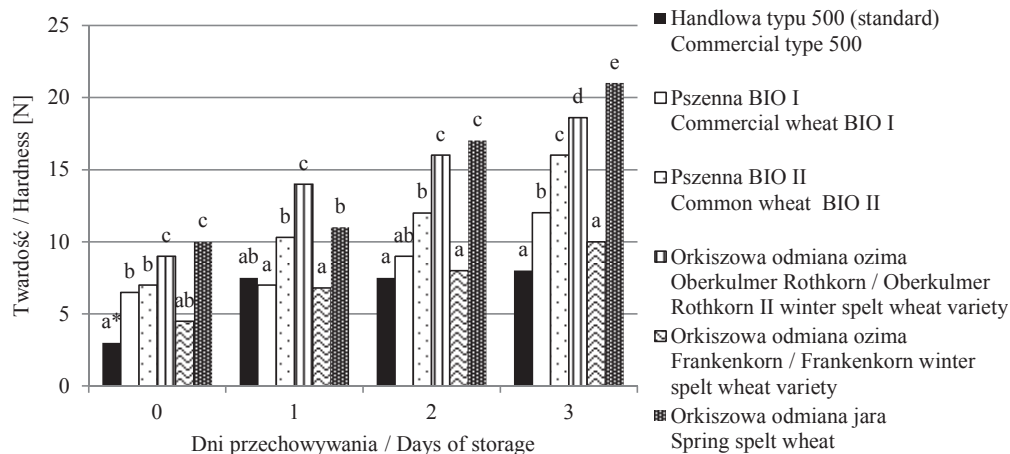
ści, bowiem zarówno w dniu wypieku, jak i po trzech dobach przechowywania miękisz ten wykazał najmniejszą twardość (rys. 1).

Tabela 10. Wilgotność miękiszu chleba podczas przechowywania
Table 10. Moisture of bread crumb during storage

| Rodzaj mąki użytej do wypieku chleba Type of flour used to bake bread | Dni przechowywania Days of storage | Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%] |
|--|---------------------------------------|--|
| Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500 | 0* | 42,6 ^c ± 0,01 |
| Pszenna BIO I / Common wheat BIO I | | 42,1 ^b ± 0,18 |
| Pszenna BIO II / Common wheat BIO II | | 41,5 ^a ± 0,10 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety | | 41,6 ^a ± 0,10 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | | 42,3 ^{bc} ± 0,19 |
| Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat | | 44,2 ^d ± 0,18 |
| Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500 | 1 | 42,1 ^c ± 0,10 |
| Pszenna BIO I / Common wheat BIO I | | 41,6 ^b ± 0,30 |
| Pszenna BIO II / Common wheat BIO II | | 41,1 ^a ± 0,02 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn II winter spelt wheat variety | | 40,9 ^a ± 0,02 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | | 41,6 ^b ± 0,11 |
| Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat | | 43,5 ^d ± 0,17 |
| Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500 | 2 | 41,4 ^b ± 0,32 |
| Pszenna BIO I / Common wheat BIO I | | 40,5 ^a ± 0,08 |
| Pszenna BIO II / Common wheat BIO II | | 40,9 ^{ab} ± 0,13 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn II winter spelt wheat variety | | 40,5 ^a ± 0,23 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | | 40,9 ^{ab} ± 0,08 |
| Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat | | 42,9 ^c ± 0,18 |
| Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500 | 3 | 36,6 ^a ± 0,31 |
| Pszenna BIO I / Common wheat BIO I | | 39,8 ^{ab} ± 0,16 |
| Pszenna BIO II / Common wheat BIO II | | 40,0 ^b ± 0,08 |
| Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn II winter pelt wheat variety | | 40,0 ^b ± 0,33 |
| Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety | | 39,8 ^{ab} ± 0,13 |
| Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat | | 42,0 ^c ± 0,21 |

Objaśnienia / Explanatory notes:

*0 – dzień wypieku / baking day, 1 – pierwszy dzień po wypieku / first day after baking, 2 – drugi dzień po wypieku / second day after baking, 3 – trzeci dzień po wypieku / third day after baking; Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.



Objaśnienia / Explanatory notes:

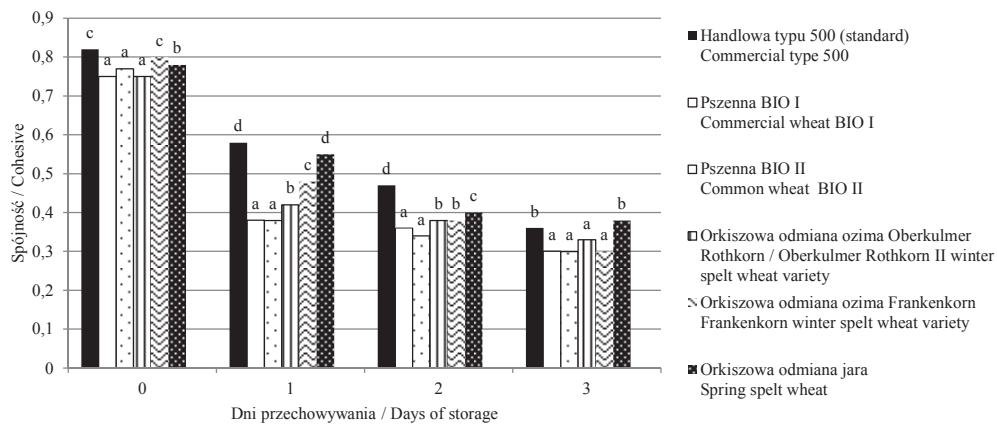
a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

Rys. 1. Zmiany twardości miększu badanych chlebów podczas przechowywania

Fig. 1. Changes in crumb hardness of analysed breads during storage

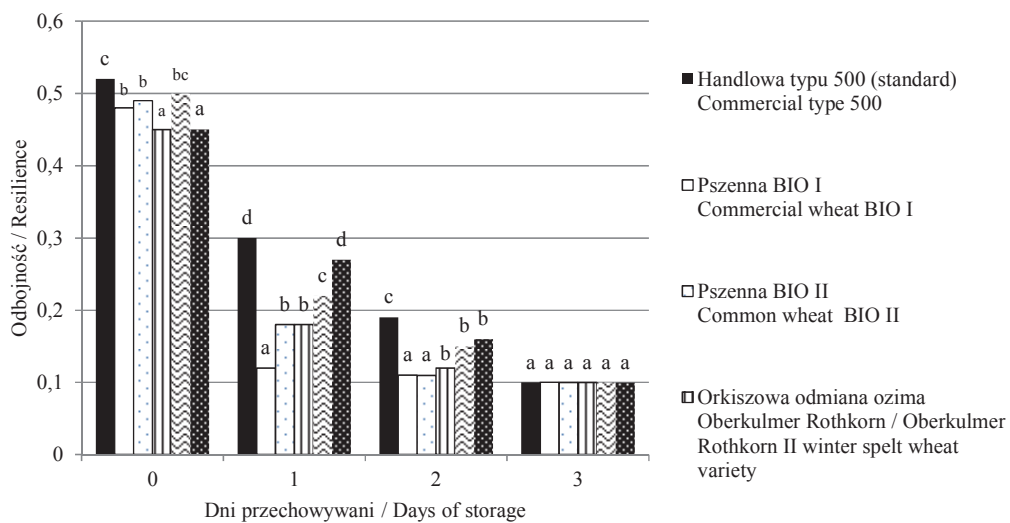
Wyraźnie większą twardość miększu (choć zmiany te okazały się statystycznie nieistotne – rys. 1) wykazano w trzecim dniu przechowywania w chlebach z mąki z pszenicy BIO I i orkiszu ozimego Franken Korn, a miększ pozostałych chlebów (z mąki pszenicy BIO II, orkiszu ozimego Oberkulmer Rothkorn i orkiszu jarego) stwardniał w znacznie większym stopniu (zmiany statystycznie istotne – rys. 1).

Na podstawie wyników przedstawionych w niniejszej pracy nie można autorytatywnie stwierdzić, że pieczywo wyprodukowane z mąki orkiszowej ulega szybko czerstwieniu, jak tego dowodził Seiffert [26]. Szybkie twardnienie miększu wymieniony autor tłumaczył szczególną wrażliwością ciasta orkiszowego na obróbkę mechaniczną. W celu poprawy właściwości mechanicznych ciasta zalecał on przy wytwarzaniu ciasta z mąki orkiszowej stosowanie zakwasu żytniego lub zaczynu pszennego w ilości do 10 % masy mąki, uprzedzając jednak, że zakwas z mąki orkiszowej charakteryzuje się zbyt dużą kwasowością, co ujemnie wpływa na aromat pieczywa. W miarę procesu starzenia się miększu malała jego spójność i odbojność, w najmniejszym jednak stopniu w chlebie standardowym (rys. 2 i 3).



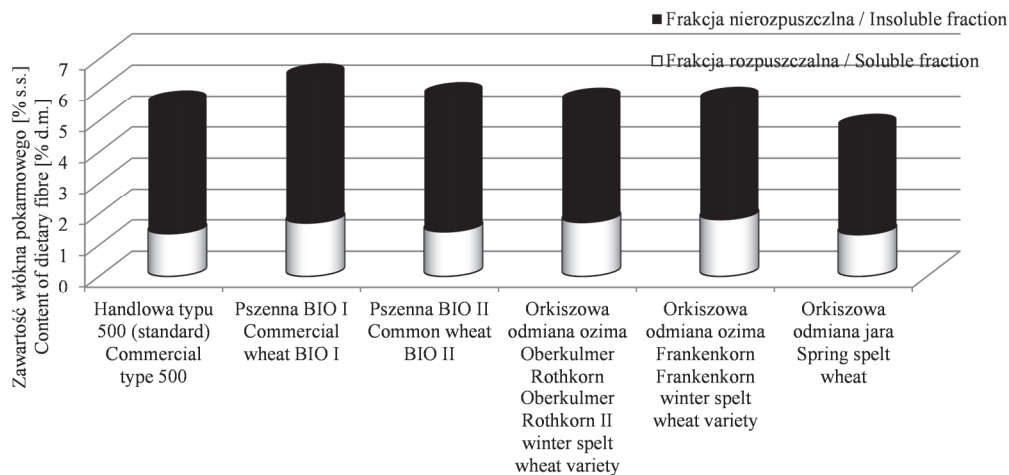
Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Zmiany spójności miększu badanych chlebów podczas przechowywania
 Fig. 2. Changes in cohesiveness of analysed bread crumbs during storage



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 3. Zmiany odbojności miększu badanych chlebów podczas przechowywania
 Fig. 3. Changes in resilience of analysed bread crumbs during storage



Rys. 4. Zawartość włókna pokarmowego w badanych chlebach

Fig. 4. Content of dietary fibre in breads analysed

W produktach finalnych oznaczono zawartość włókna pokarmowego, frakcji nierozpuszczalnej i rozpuszczalnej (rys. 4) i porównano ją z zawartością tego składnika w mąkach użytych do wypieku – tab. 2. Wykazano o 1,5 ÷ 3,5 punktu procentowego s.s. większą zawartość włókna pokarmowego ogółem, a szczególnie frakcji nierozpuszczalnej w chlebach w odniesieniu do użytych mąk. Jedynym wytłumaczeniem wzrostu zawartości tego fizjologicznie ważnego składnika jest retrogradacja skrobi, głównie amylozy, podczas wypieku oraz chłodzenia po wypieku. Do tej analizy chemicznej użyto powietrznie suchych, zmielonych chlebów, które poddano procesowi studzenia od razu w dniu wypieku. Na skutek procesu retrogradacji powstała wówczas skrobia oporna na trawienie enzymatyczne tzw. *resistant starch* typu RS 3, którą ze względu na podobne funkcje fizjologiczne zalicza się do nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego [19]. Nie stwierdzono jednak wyraźnej zależności pomiędzy zawartością skrobi w badanych mąkach (tab. 2) a wzrostem zawartości włókna pokarmowego w ocenianych chlebach (rys. 4).

Wnioski

1. Mąka z trzech odmian pszenicy orkiszowej uprawianej w tych samych warunkach klimatycznych w gospodarstwie ekologicznym odznaczała się istotnie większą zawartością białka ogółem w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej uprawianej w tych samych warunkach oraz z handlową mąką pszenną, natomiast nie różniła się zawartością skrobi, włókna pokarmowego, tłuszczu i popiołu.
2. Uzyskane wyniki dotyczące zarówno zawartości aminokwasów egzogennych, jak i wskaźników CS i EAA, nie upoważniają do poparcia stanowiska podkreślającego

- większą wartość biologiczną białka pszenicy orkiszowej w porównaniu z białkiem pszenicy zwyczajnej.
3. Z wyjątkiem istotnie większej zawartości fosforu i magnezu, w ocenianych mąkach orkiszowych oznaczono porównywalną zawartość wszystkich pozostałych badanych makro- i mikroelementów w odniesieniu do mąk z pszenicy zwyczajnej.
 4. W mąkach orkiszowych stwierdzono dużą zawartość i słabą jakość glutenu (bardzo niski indeks glutenowy). Potwierdzeniem słabej jakości glutenu w mąkach orkiszowych okazał się wypiek laboratoryjny, podczas którego stwierdzono istotnie mniejszą objętość i niższe noty oceny organoleptycznej chlebów z mąki orkiszowej w odniesieniu do chlebów z mąki z pszenicy zwyczajnej.
 5. Na podstawie wyników wilgotności miększu i jego profilu tekstury (analiza TPA) nie można autorytatywnie stwierdzić, że pieczywo wyprodukowane z mąki orkiszowej ulega szybkiemu starzeniu się, jak również nie można potwierdzić doniesień o dłuższym zachowaniu świeżości przez to pieczywo w odniesieniu do chlebów z mąki z pszenicy zwyczajnej.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową

Literatura

- [1] AACC: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. AACC, Saint Paul, Minnesota, 2000.
- [2] Abdel-Aal El Sayed M., Rabalski I.: Effect of baking on nutritional properties of starch in organic spelt whole grain products. *Food Chem.*, 2008, 111, 150-156.
- [3] AOAC: Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [4] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
- [5] Ceglińska A.: Technological value of spelt and common wheat hybrid. *Food Sci. Technol.*, 2003, 6, 1.
- [6] Christa K.: Orkisz – cudowne ziarno. *Przeł. Zboż. Młyn.*, 2010, 54, 2, 11.
- [7] Cygankiewicz A.: Wartość technologiczna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. *Biuletyn IHAR*, 1997, 204, 219-235.
- [8] Czerwińska D.: Walory żywieniowe i zastosowanie orkisz. *Przeł. Zboż. Młyn.*, 2009, 53 (2), 14-15.
- [9] Dewettinck K., von Bochstaele F., Kiihne B., von de Walie D., Courtens T.M., Gellynch X.: Nutritional value of bread. Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J. Cereal Sci.*, 2008, 48, 243-257.
- [10] FAO/WHO.: Protein quality evaluation report of a joint FAO/WHO expert consultation. Technical report. Food and Agriculture Organization, Rome 1991.
- [11] Galova Z., Knoblochova H.: Biochemical characteristics offiye spelt wheat cultivars (*Triticum spelta* L.). *Acta Fytotech. Zootech.*, 2001, 4, 85-87.

- [12] Gambuś H.: Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa (badania modelowe). Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawy, 1997, nr 226.
- [13] ICC: Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC, Vienna 1995.
- [14] Jabłoński E.: Czynniki determinujące i modyfikujące wartość odżywczą białka. *Pediatr. Współcz. Gastroenterol. Hepatol. Żywienie Dziecka*, 2000, 2 (2), 83-87.
- [15] Jurga R.: Wybrane informacje o pszenicy orkisz i wartości wypiekowej mąki. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2008, 52 (7), 8-9.
- [16] Kim S.K., D'Appolonia B.L.: Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels. *Cereal Chem.*, 1977, 54, 150-153.
- [17] Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K.: Porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkiszowej i pszenicy zwyczajnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 4 (59), 141-151.
- [18] Krawczyk P., Ceglińska A., Kordialik J.: Porównanie wartości technologicznej ziarna orkiszowego z pszenicą zwyczajną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 5 (60), 43-51.
- [19] Leszczyński W.: Skrobia oporna i jej znaczenie. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2004, 7, 2-5.
- [20] Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J.: Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkiszowego (*Triticum spelta* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 2 (51), 60-71.
- [21] Marciniak A., Obuchowski W.: Prozdrowotne właściwości ziarna zbóż. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2006, 50, 5, 11-13.
- [22] Mościcki L., Wójtowicz A.: Produkty pełnoziarniste. Witaminy i mikroelementy obecne w produktach zbożowych. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2009, 53, 4, 4-7.
- [23] Piecyk M., Kulka D., Worobiej E.: Charakterystyka i wartość odżywcza ziarna orkiszowego i produktów orkiszowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, 3, 247-251.
- [24] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [25] Rachoń L., Szumiło G.: Comparison of chemical composition of selected winter wheat species. *J. Elementol.*, 2009, 14, 1, 135-146.
- [26] Seiffert M.: Herstellung von Dinkelspezialitäten mit Vorteigen. *Getreidetechnologie*, 2005, 59 (1), 26-35.
- [27] Senti F.R., Dimler R.J.: Changes in starch and gluten during ageing of bread. *The Bakers Digest*, 1960, 34, 28-33.
- [28] Sierakowski K.: Indeks glutenowy – nowy sposób wyrażania jakości glutenu pszenicznego. *Przem. Spoż.*, 1990, 44 (8), 190-191.
- [29] Smith B.J. (Ed.): *Protein Sequencing Protocols*. Human Press, Totowa, New Jersey, 2003.
- [30] Sulewska A., Kozłara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., Morozowska M.: Chemical composition of grain and protein yield of spelt varieties depended on selected agrotechnical factors. *J. Res. Applic. Agric. Eng.*, 2008, 53 (4), 92-95.
- [31] Szczypski J.: Orkisz wraca do łask. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2005, 3, 14-15.
- [32] Tyburec A.: Wzrost znaczenia orkiszowego w przetwórstwie zbożowym. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2005, 49 (7), 32-33.
- [33] Witkowski M.: Zdrowy dodatek – orkisz. *Cuk. Piek.*, 2009, 13, 11, 32.
- [34] Wiwart M., Perkowski J.: Dawniej uprawiane pszenice stają się znów atrakcyjne. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2005, 10, 5-7.

**COMPARISON OF BAKING VALUE OF SPELT WHEAT FLOUR
WITH COMMON WHEAT FLOUR****S u m m a r y**

The objective of the research study was to compare the chemical composition and baking value of a common wheat flour type 500 with spelt flour; the two flour types were produced by milling, in a laboratory, relevant grains grown in organic farms. The material for analyses consisted of flours and wheat bread baked using those flours. The technological quality of the flour, including its water binding capacity, was assessed using an AACC method, and the chemical composition of the flours was assessed by AOAC methods. The bread loaves baked using a straight method were assessed organoleptically and, next, on the day of baking and on the 3rd day of storing them, their parameters were measured, i.e.: volume, moisture content, and texture parameters of the crumb.

The spelt flour was characterized by a high water binding capacity and by a poor quality of gluten contained therein; this was confirmed by the baked samples as the volume of the spelt loaves was significantly smaller as compared to the volume of the wheat bread from the commercial flour. The flour made from the three varieties of spelt was characterized by a significantly higher amount of total proteins as compared to the common wheat flour; however, as regards the contents of other chemical constituents, i.e. starch, dietary fibre, fat and ash, the spelt flours did not differ significantly from the common wheat flour type 500 bought in an industrial mill. In the spelt and common wheat flours, the contents of exogenic amino acids and the indices: CS – a limiting amino acid index and EAA – essential amino acids were comparable. Based on the results of moisture analysis and the texture profile (analysis TPA) of the bread crumb, it cannot be authoritatively stated that the breadstuffs made from the spelt flour age faster; either, the reports cannot be authoritatively confirmed that they stay fresh longer than the breadstuffs made from common wheat flour.

Key words: spelt wheat and common wheat, baking value of flour, nutrients, quality of breadstuff 