

ANNA FRAŚ, KINGA GOŁĘBIEWSKA, MAGDALENA WIŚNIEWSKA,  
DARIUSZ R. MAŃKOWSKI

## OCENA ZAWARTOŚCI WYBRANYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH I SUBSTANCJI BIOAKTYWNYCH W RÓŻNYCH RODZAJACH PIECZYWA DOSTĘPNYCH NA POLSKIM RYNKU

### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Produkty zbożowe, w tym pieczywo odgrywają istotną rolę w naszej codziennej diecie, stanowią źródło energii, składników odżywczych i prozdrowotnych. W dobie wrastającej ilości chorób dietozależnych w społeczeństwie spożywanie pieczywa o jak najlepszej jakości jest ważnym elementem ich profilaktyki. Istnieje również potrzeba badań jakości asortymentu pieczywa dostępnego na rynku oraz konieczność promowania produktów prozdrowotnych. Dzięki temu konsumenci uzyskują dostęp do informacji na temat korzyści wynikających ze spożywania żywności wysokiej jakości oraz będą potrafili wybrać asortyment dostosowany do własnych potrzeb. Celem niniejszej pracy była ocena zróżnicowania zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w popularnych rodzajach pieczywa, dostępnych na polskim rynku. Ponadto wykazano, w jaki sposób składniki wykorzystane do wypieku pieczywa wpłynęły na profil chemiczny gotowego produktu.

**Wyniki i wnioski.** Przebadano 8 komercyjnych prób pieczywa o zróżnicowanym składzie, deklarowanym na etykietach. Oznaczono w nich zawartość składników odżywczych: białka, popiołu, lipidów i skrobi oraz bioaktywnych: błonnika pokarmowego z rozdziałem na frakcję nierozpuszczalną i rozpuszczalną, związków fenolowych ogółem oraz aktywność antyoksydacyjną. Wszystkie rodzaje pieczywa różniły się istotnie pod względem składu chemicznego, co wynikało zarówno z ilości surowców wykorzystanych do produkcji, technologii produkcji jak i zastosowanych dodatków. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że spośród analizowanych obiektów najkorzystniejszym składem wyróżniał się chleb żytni razowy, zawierający najwięcej popiołu (3,9%), błonnika pokarmowego (15,2%) i  $\beta$ -glukanu (1,6%) oraz mający wysoką aktywność antyoksydacyjną (5,5 mg Troloxu/g). Najmniej korzystnymi właściwościami charakteryzowała się bułka pszenna, w której stwierdzono największą zawartość lipidów (3,4%) oraz najmniejszą ilość popiołu (2,3%) i większości związków bioaktywnych (błonnik pokarmowy

---

*Dr hab. inż. A. Fraś, ORCID: 0000-0003-2289-5960, dr inż. K. Gołębiewska, ORCID: 0000-0001-7816-4636, dr inż. M. Wiśniewska, ORCID: 0000-0002-8048-9365, Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie, dr hab. inż. D.R. Mańkowski, prof. IHAR-PIB, ORCID: 0000-0002-7499-8016, Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie. Kontakt: a.fras@ihar.edu.pl*

5,6%, lignina 0,2%, skrobia oporna 1,2%, polifenole ogółem 0,5 mg kw. g./g i aktywność antyoksydacyjna 2,4 mg Troloxu/g).

**Słowa kluczowe:** białko, błonnik pokarmowy, chleb, mąka, właściwości przeciwutleniające

## Wprowadzenie

Zboża i ich produkty są jednymi z najczęściej spożywanych artykułów żywnościowych przez większość światowej populacji, chociaż wielkość spożycia i preferencje konsumentów różnią się znacznie w poszczególnych regionach geograficznych. W Polsce konsumpcja pieczywa i produktów zbożowych w 2019 roku wynosiła 64 kg/osobę [22]. Najpopularniejsze i najczęściej wybierane rodzaje pieczywa to pszenne, pszenno-żytnie oraz żytnie, chociaż dostępny obecnie asortyment jest bardzo szeroki i zróżnicowany. Coraz częściej pojawiają się nowe, ulepszone rodzaje pieczywa o prozdrowotnych właściwościach oraz określonych cechach sensorycznych, a ponadto wzrasta zainteresowanie takimi produktami jak pieczywo chrupkie, płatki i otręby zbożowe oraz różnego rodzaju kasze. Przy tak szerokim asortymencie, konsumentom stoi przed trudnym wyborem, poszukując produktów o jak najwyższej jakości, a producenci pieczywa starają się spełnić te oczekiwania. W odniesieniu do jakości pieczywa starania producentów dotyczą przede wszystkim wymagań związanych ze smakiem i zapachem (52,9 %), wyglądem (32,4 %), składem oraz dodatkami (23,5 %) i wartością zdrowotną (20,6 %) [23]. W produkcji pieczywa stosowanych jest wiele metod mających na celu poprawę jego wartości żywieniowej. Najpopularniejsze z nich to: suplementacja mąki pszennej produktami otrzymanymi ze zbóż niechlebowych (owies, jęczmień), jak również dodatek do mieszanek wypiekowych pseudozbóż (gryki, komosy ryżowej, amarantusa), wynikających z ich funkcjonalnych właściwości. Białko w produktach zbożowych nie jest pełnowartościowe pod względem składu aminokwasowego, dlatego jedną z metod poprawy jakości pieczywa jest wzbogacanie w białko o dobrze zbilansowanym składzie aminokwasowym, poprzez dodatek nasion roślin strączkowych. W tym celu w badaniach Bojanskiej i wsp. [5] suplementowano mąkę pszenną soczewicą oraz ciecierzycą od 10 do 50 %. Najczęściej stosowaną metodą poprawy jakości pieczywa oraz podniesienia atrakcyjności sensorycznej jest użycie dodatków, takich jak: ziarna zbóż, nasiona (słonecznika, dyni, lnu, soi), zioła, a także świeże i suszone owoce i warzywa. Na podstawie prowadzonych badań ankietowych [23] wykazano, że spośród pieczywa z dodatkami konsumenci najczęściej wybierają nasiona słonecznika (33,7 %), nasiona dyni (17,9 %), ziarna zbóż (10,2 %), sezam (7,6 %) oraz nasiona lnu (6,2 %).

Wysoki udział pieczywa w codziennej diecie sprawia, że odgrywa ono ważną rolę z żywieniowego punktu widzenia. Stanowi podstawowe źródło energii, a także składników odżywczych i bioaktywnych. Jest również źródłem związków mineralnych,

takich jak sód, magnez, cynk oraz niektórych witamin z grupy B i witaminy E. Produkty uzyskane z pełnego ziarna są bardzo ważnym źródłem błonnika pokarmowego, którego korzystne działanie związane jest z gospodarką lipidowo-węglowodanową człowieka, jak również regulacją pracy układu trawiennego [21]. Pomimo wielu zalet prozdrowotnych pieczywa, obniżające się w ostatnich latach jego spożycie stanowi poważny problem, skutkujący wzrastającą w społeczeństwie liczbą osób cierpiących na choroby związane z dietą, w szczególności otyłość, cukrzycę typu 2, choroby serca, niektóre typy nowotworów. Zjawiska te dodatkowo nasiliły się w ostatnim roku na skutek pandemii i związanego z nią siedzącego trybu życia. Dlatego, w ramach działań prewencyjnych, codzienna dieta powinna zawierać wysokiej jakości nieprzetworzone produkty, w tym pieczywo uzyskane z mąki całościowej. Brak jest jednak ogólnie dostępnych danych na temat korzyści wynikających ze spożywania wysokiej jakości pieczywa oraz właściwości poszczególnych jego składników. Brakuje również badań nad jakością powszechnie dostępnego na rynku asortymentu w tak szerokim zakresie analitycznym. W konsekwencji konsumenci nie posiadają informacji, na podstawie których mogliby dokonywać wyboru odpowiednich produktów, zalecanych do spożycia. Celem pracy była ocena zróżnicowania zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w różnych rodzajach chleba dostępnych na polskim rynku oraz wskazanie, w jaki sposób zastosowane surowce wpływają na ich zawartość.

### **Materialy i metody**

Materiał badawczy stanowiło osiem komercyjnych prób pieczywa (A-H), dostępnych na polskim rynku. Charakterystykę pieczywa oraz skład, deklarowany na etykiecie przedstawiono w Tabeli 1.

Próby wysuszono za pomocą liofilizatora Alpha 1-4 LD plus Martin Christ (Niemcy), a następnie zmielono w młynie laboratoryjnym Perten Laboratory Mill 3100 (Szwecja), na sitach o średnicy 0,5 mm. Wilgotność materiału oznaczono grawimetrycznie, zgodnie z normą AACC 44-15A (2003). Zawartość białka analizowano metodą Dumasa, według procedury AOAC 990.03 (1995), z wykorzystaniem aparatu Rapid N Cube (Elementar, Niemcy). Zawartość popiołu oraz lipidów oznaczono grawimetrycznie, a ilość skrobi i  $\beta$ -glukanu zmierzono metodą kolorymetryczną, odpowiednio według norm AACC 76-13 (2003) oraz AACC 32-23 (2003). Oznaczenie zawartości błonnika pokarmowego (DF) wykonano metodą enzymatyczno-chemiczną, według procedury AACC 32-25 (2005) jako sumę nieskrobiowych polisacharydów (NSP), ligniny i skrobi odpornej (RS). Zawartość NSP, z podziałem na frakcję nierozpuszczalną (I-NSP) oraz rozpuszczalną (S-NSP) oznaczono metodą chromatografii gazowej, jako sumę następujących monocukrów: arabinozy, ksylozy, galaktozy, mannozy i glukozy. W metodzie tej, po enzymatycznej hydrolizie skrobi i rozdzieleniu prób na frakcję

Tabela 1. Skład pieczywa deklarowany na etykiecie.

Table 1. Bread sample composition declared on the label.

| Próba<br>Sample | Nazwa handlowa produktu<br>Trade name of the product | Skład pieczywa deklarowany na etykiecie<br>Bread composition declared on the label   |
|-----------------|--|--|
| A               | Chleb baltonowski                                    | Mąka pszenna, mąka żytnia, suszony zakwas żytni, sól, drożdże  |
| B               | Chleb żytni razowy                                   | Pełnoziarnista mąka żytnia, zakwas żytni, sól  |
| C               | Bułka wyborowa                                       | Mąka pszenna, sól, drożdże   |
| D               | Chleb rycerski                                       | Mąka pszenna, mąka żytnia, zakwas żytni, sól, drożdże  |
| E               | Chleb zdrówko  | Mąka żytnia, zakwas żytni, siemię lniane, sól  |
| F               | Chleb rodzinny                                       | Mąka pszenna, mąka żytnia, mieszanka piekarska (mąka pszenna, siemię lniane, nasiona słonecznika, otręby pszenne, dekstroza, sezam, sól jęczmienny, stabilizatory: guma celulozowa, suchy zakwas pszeny, substancje emulgujące: mono- i diglicerydy kwasów tłuszczowych, kwas askorbinowy), drożdże, otręby pszenne, sól, zakwas piekarski |
| G               | Chleb orkiszowy ekstra                               | Mąka pszenna, mąka żytnia, mieszanka piekarska na bazie orkiszu (pełnoziarnista mąka orkiszowa, płatki orkiszowe, suszony zakwas z pełnoziarnistej mąki orkiszowej, nasiona słonecznika, mąka żytnia), drożdże, otręby pszenne, sól, zakwas piekarski  |
| H               | Chleb kołacz   | Pełnoziarnista mąka pszenna, zakwas piekarski, kasza jaglana, kasza gryczana, nasiona słonecznika, amarantus, suszony sól żytni, sól jęczmienny, pestki dyni, siemię lniane, sól   |

rozpuszczalną i nierozpuszczalną, każdą z nich hydrolizowano 1M kwasem siarkowym (100 °C, 2 godziny) do monosacharydów i przekształcono w lotne octany alditoli. Związki te rozdzielano na kapilarnej kolumnie kwarcowej Rtx-225 (0,53 mm x 30 m) z wykorzystaniem chromatografu gazowego Clarus 600 (PerkinElmer), wyposażonego w autosampler, injektor ze splitem oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID, ang. *flame ionization detector*). Parametry pracy chromatografu: gaz nośny hel, prędkość przepływu 2 ml/min, temperatura injektora 275 °C, temperatura detektora 275 °C. Zawartość ligniny oznaczono grawimetrycznie, a ilość skrobi odpornej (RS) zmierzono metodą kolorymetryczną, zgodnie z normą AACC 32-40.01 (2003). Ilość związków polifenolowych ogółem (TPC, ang. *total phenolic content*) oznaczono metodą kolorymetryczną z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu [27] z wykorzystaniem kwasu galusowego jako standardu, a wyniki wyrażono w mg kwasu galusowego/g próby (mg kw.g./g). Aktywność antyoksydacyjną (ABTS) oznaczono metodą z wykorzystaniem kationu rodnikowego ABTS [32] z roztworem Troloxu jako standardu przeciwutleniającego, a wyniki wyrażono w mg Troloxu/g. Wszystkie analizy chemiczne wykonano w dwóch powtórzeniach, a wyniki przeliczono na % suchej masy [% s.m.]. W celu

oznaczenia zmienności w zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w badanym pieczywie zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Zastosowano również procedurę porównań wielokrotnych Tukeya, przy założonym poziomie istotności 0,05. Zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami przedstawiono za pomocą współczynników korelacji liniowych Pearsona. Celem wielocechowego pogrupowania badanych obiektów wykonano analizę składowych głównych (PCA). Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica, wersja 13.3 (TIBCO Software Inc., USA).

## Wyniki i dyskusja

Skład chemiczny chleba dostępnego na rynku jest zależny od wielu czynników począwszy od technologii produkcji, poprzez wydajność i jakość mąki, metodę wypieku aż po rodzaj i ilość zastosowanych dodatków. Analizowane chleby różniły się istotnie pod względem zawartości wszystkich badanych składników (Tabela 2).

### *Składniki odżywcze*

Zawartość białka, podstawowego składnika odżywczego, mieściła się w zakresie od 8,1 % dla chleba zdrowo (E) do 15 % dla chleba rodzinnego (F). W pierwszym przypadku był to chleb o prostym składzie, zawierający komponenty żytnie, takie jak mąka i zakwas oraz dodatek nasion lnu. Mąka żytnia charakteryzuje się zawartością białka w zakresie 4,8 – 6,6 % [4], natomiast nasiona lnu są dużo bogatszym źródłem tego składnika w zakresie 18 – 25 % [19, 31], więc ich dodatek mógł istotnie wpłynąć na końcową zawartość białka w pieczywie. Warto podkreślić, że białko lniane wykazuje szereg korzystnych właściwości dla naszego organizmu i stanowi cenne źródło takich aminokwasów jak: arginina, glutamina i histydyna, istotnie wpływających na funkcje immunologiczne organizmu [14]. Chleb rodzinny (F), o najwyższej zawartości białka (15 %) przygotowany został z największej ilości komponentów, z przewagą mąki pszennej, charakteryzującej się zawartością białka na poziomie 11 – 12 % [34] oraz z udziałem otrąb pszennych, które są bogatym źródłem białka w zakresie 13 – 16,9 % [18]. Ponadto liczne dodatki w postaci nasion lnu, słonecznika czy sezamu, również mogły się przyczynić do uzyskania wysokiej zawartości tego składnika. Podobną sytuację można zaobserwować w przypadku chlebów orkiszowego i kołacz (G, H), które również zawierały większą ilość białka w porównaniu do pozostałych prób, na poziomie odpowiednio 12,9 % i 13,8 %. Pieczywo o wysokiej zawartości białka uzyskali również Bojanska i wsp. [5], którzy podczas suplementacji mąki pszennej soczewicą oznaczyli wzrost zawartości jego w zakresie od 10,7 % dla chleba kontrolnego do 16,3 % dla 50% dodatku soczewicy. Inni badacze [11] również uzyskali pieczywo o wysokiej zawartości białka (19,9 %), dodając do mąki pszennej 40 % mieszanki złożonej z izolatu białka sojowego, otrąb owsianych i mąki z ciecierzycy.

Tabela 2. Skład chemiczny badanych chlebów  
Table 2. Chemical composition of analyzed breads

| Próba<br>Sample | Białko<br>Protein<br>[%] | Popiół<br>Ash [%]      | Lipidy<br>Lipids<br>[%] | Skrobia<br>Starch [%]    | I-NSP<br>[%]           | S-NSP<br>[%]            | NSP [%]                 | Lignina<br>Lignin<br>[%] | RS [%]                  | DF<br>[%]               | β-glukan<br>β-glucan<br>[%] | TPC<br>[mg<br>kw.g./g] | ABTS<br>[mgTroloxu/g]  |
|-----------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| A               | 11,6 <sup>d</sup> ±0,12  | 3,0 <sup>e</sup> ±0,04 | 0,8 <sup>g</sup> ±0,01  | 62,1 <sup>c</sup> ±0,52  | 3,3 <sup>d</sup> ±0,10 | 2,4 <sup>cd</sup> ±0,10 | 5,8 <sup>d</sup> ±0,00  | 1,2 <sup>ab</sup> ±0,04  | 1,7 <sup>cd</sup> ±0,02 | 8,7 <sup>d</sup> ±0,05  | 0,7 <sup>c</sup> ±0,00      | 0,7 <sup>c</sup> ±0,03 | 3,3 <sup>f</sup> ±0,04 |
| B               | 9,3 <sup>c</sup> ±0,19   | 3,9 <sup>a</sup> ±0,02 | 1,1 <sup>f</sup> ±0,01  | 59,8 <sup>cd</sup> ±0,15 | 7,2 <sup>a</sup> ±0,02 | 4,3 <sup>a</sup> ±0,10  | 11,5 <sup>a</sup> ±0,12 | 1,4 <sup>a</sup> ±0,01   | 2,4 <sup>b</sup> ±0,08  | 15,2 <sup>a</sup> ±0,03 | 1,6 <sup>a</sup> ±0,02      | 1,1 <sup>d</sup> ±0,00 | 5,5 <sup>c</sup> ±0,08 |
| C               | 11,8 <sup>b</sup> ±0,17  | 2,3 <sup>f</sup> ±0,01 | 3,4 <sup>e</sup> ±0,00  | 65,1 <sup>b</sup> ±0,43  | 2,1 <sup>e</sup> ±0,06 | 2,1 <sup>e</sup> ±0,01  | 4,1 <sup>f</sup> ±0,05  | 0,2 <sup>d</sup> ±0,03   | 1,2 <sup>c</sup> ±0,01  | 5,6 <sup>g</sup> ±0,07  | 0,5 <sup>e</sup> ±0,01      | 0,5 <sup>f</sup> ±0,02 | 2,4 <sup>b</sup> ±0,02 |
| D               | 13,2 <sup>c</sup> ±0,13  | 3,2 <sup>d</sup> ±0,01 | 1,0 <sup>h</sup> ±0,02  | 72,4 <sup>a</sup> ±0,25  | 2,4 <sup>c</sup> ±0,04 | 2,1 <sup>e</sup> ±0,12  | 4,5 <sup>f</sup> ±0,07  | 0,4 <sup>d</sup> ±0,11   | 1,9 <sup>c</sup> ±0,07  | 6,8 <sup>f</sup> ±0,03  | 0,4 <sup>f</sup> ±0,01      | 0,8 <sup>a</sup> ±0,06 | 3,1 <sup>g</sup> ±0,04 |
| E               | 8,1 <sup>f</sup> ±0,07   | 3,1 <sup>d</sup> ±0,01 | 4,4 <sup>e</sup> ±0,00  | 60,7 <sup>c</sup> ±0,21  | 4,0 <sup>c</sup> ±0,00 | 3,6 <sup>b</sup> ±0,04  | 7,5 <sup>b</sup> ±0,03  | 0,7 <sup>c</sup> ±0,06   | 2,4 <sup>a</sup> ±0,09  | 10,6 <sup>q</sup> ±0,00 | 1,0 <sup>q</sup> ±0,03      | 1,0 <sup>p</sup> ±0,03 | 4,2 <sup>a</sup> ±0,06 |
| F               | 15,0 <sup>a</sup> ±0,15  | 3,1 <sup>d</sup> ±0,01 | 4,3 <sup>d</sup> ±0,08  | 57,2 <sup>cd</sup> ±0,71 | 4,0 <sup>c</sup> ±0,17 | 2,7 <sup>c</sup> ±0,02  | 6,7 <sup>c</sup> ±0,15  | 1,0 <sup>q</sup> ±0,04   | 1,6 <sup>d</sup> ±0,04  | 9,3 <sup>c</sup> ±0,16  | 0,6 <sup>d</sup> ±0,02      | 1,3 <sup>c</sup> ±0,00 | 5,2 <sup>d</sup> ±0,00 |
| G               | 12,9 <sup>a</sup> ±0,20  | 3,4 <sup>d</sup> ±0,01 | 7,2 <sup>b</sup> ±0,04  | 53,9 <sup>d</sup> ±0,95  | 4,9 <sup>b</sup> ±0,12 | 2,4 <sup>p</sup> ±0,04  | 7,2 <sup>q</sup> ±0,13  | 1,1 <sup>q</sup> ±0,01   | 2,1 <sup>q</sup> ±0,01  | 10,5 <sup>q</sup> ±0,11 | 0,6 <sup>d</sup> ±0,01      | 1,9 <sup>a</sup> ±0,06 | 7,0 <sup>a</sup> ±0,05 |
| H               | 13,8 <sup>a</sup> ±0,08  | 3,3 <sup>c</sup> ±0,01 | 8,5 <sup>a</sup> ±0,04  | 55,3 <sup>e</sup> ±0,82  | 3,3 <sup>d</sup> ±0,10 | 1,8 <sup>a</sup> ±0,05  | 5,1 <sup>a</sup> ±0,05  | 1,1 <sup>q</sup> ±0,02   | 1,9 <sup>c</sup> ±0,00  | 8,1 <sup>s</sup> ±0,03  | 0,2 <sup>g</sup> ±0,01      | 1,7 <sup>q</sup> ±0,03 | 5,9 <sup>b</sup> ±0,05 |
| Statystyka<br>F | 519,8 <sup>**</sup>      | 1319,8 <sup>**</sup>   | 14833,2 <sup>**</sup>   | 154,9 <sup>**</sup>      | 588,1 <sup>**</sup>    | 287,6 <sup>**</sup>     | 1296,8 <sup>**</sup>    | 146,7 <sup>**</sup>      | 107,8 <sup>**</sup>     | 2860,1 <sup>**</sup>    | 1493,1 <sup>**</sup>        | 374,6 <sup>**</sup>    | 2037 <sup>**</sup>     |

Objaśnienia / Explanatory notes:

I-NPS – nierozpuszczalna frakcja polisacharydów nieskrobiowych / insoluble non-starch polysaccharides fraction; S-NPS – rozpuszczalna frakcja polisacharydów nieskrobiowych / soluble non-starch polysaccharides fraction; NPS – polisacharydy nieskrobiowe / non-starch polysaccharides; RS – skrobia oporna / resistant starch; DF – błonnik pokarmowy / dietary fiber; TPC – całkowita zawartość polifenoli / total phenolic content; ABTS – aktywność przeciwutleniająca względem rodnika ABTS / antioxidant activity against the ABTS radical;

\*\* — istotne przy  $\alpha=0.05$ / significant at  $\alpha=0.05$

Chleby o wysokiej zawartości białka są bardzo cennym produktem w codziennej diecie, a w szczególności powinny być zalecane dla wegetarian i wegan, sportowców, a także w trakcie stosowania diet redukcyjnych i w czasie rekonwalescencji, celem uzupełnienia diety w ten składnik [24, 37]. Zawartość popiołu w badanym pieczywie cechowała się mniejszą zmiennością w zakresie od 2,3 % dla bułki wyborowej (C) do 3,9 % dla chleba żytniego razowego (B), przy średniej zawartości dla wszystkich prób na poziomie 3,2 %. Skrajne zawartości uzyskano więc dla prób o najprostszym składzie. Najniższą zawartość tego składnika otrzymano dla próby C, wypieczonej z białej, rafinowanej mąki pszennej, która na skutek przemiału pozbawiona została dużej części składników mineralnych. Odwrotną sytuację zaobserwowano w przypadku chleba żytniego (B), wypieczonego w 100 % z pełnoziarnistej mąki żytniej, bogatej we frakcję otrąb, a tym samym w związki mineralne. Nordlund i wsp. [28] uzyskali niższe zawartości popiołu w badanym pieczywie, na poziomie 1,4 % i 1,6 %, odpowiednio dla chleba wypieczonego z mąki pszennej na drożdżach i chleba wypieczonego z całościarnowej mąki żytniej z dodatkiem zakwasu. Różnice w zawartości popiołu, oprócz rodzaju zastosowanej mąki i sposobu jej przemiału, mogą również wynikać z ilości soli dodanej do ciasta podczas wypieku.

Wśród badanych składników odżywczych najbardziej zróżnicowanym parametrem była zawartość lipidów. Wartości mieściły się w zakresie od 0,81 % dla chleba baltonowskiego (A) do 8,5 % dla chleba kołacz (H). Na tak duże zróżnicowanie wpłynęły przede wszystkim ilość surowców zastosowanych do jego produkcji oraz technologia produkcji. Najwyższą zawartość lipidów otrzymano dla chlebów, w których zastosowano dodatek nasion słonecznika, dyni oraz lnu, czyli w chlebie zdrówko (4,4 %), rodzinnym (4,3 %), orkiszowym ekstra (7,2 %) i kołachu (5,8 %) (próby E-H). Takie rozwiązanie z żywieniowego punktu widzenia niesie wiele korzyści, ponieważ dodane nasiona są źródłem lipidów bogatych w NNKT o korzystnym wpływie na zdrowie oraz odpowiednim stosunku kwasów n-6:n-3 [1, 35, 36]. Ponadto dodatki te mogą korzystnie wpływać na walory smakowe chleba. Z drugiej strony, z dietetycznego punktu widzenia, dodatek składników o wysokiej zawartości tłuszczu zwiększa kaloryczność pieczywa, czego konsumenci nie zawsze są świadomi, a zbyt duże i częste spożycie może prowadzić do otyłości. W przypadku bułki wyborowej (C), otrzymanej z rafinowanej mąki pszennej, uzyskana zawartość lipidów na poziomie 3,4 % najprawdopodobniej wynika z celowego dodatku oleju lub tłuszczu na etapie produkcji pieczywa, ponieważ ziarno pszenicy zawiera lipidy na średnim poziomie 2,3 %, a mąka pszenna 1,4 % [7, 28]. Chleby o najniższej zawartości lipidów: baltonowski (0,8 %), żytni razowy (1,1 %) oraz rycerski (1,0 %) charakteryzowały się jednocześnie najprostszym składem, bezpośrednio związanym z surowcem. Otrzymana średnia zawartość lipidów była na poziomie 1,0 %, co odpowiada ilości tych związków w mąkach, zastosowanych do ich wypieku. W badaniach nad właściwościami pieczywa z dodatkiem nasion

lnu oleistego [13] uzyskano wyniki podobne do opisanych powyżej dla chlebów wieloskładnikowych, a przedstawione zawartości lipidów mieściły się w zakresie od 3,4 % do 5,2 %. W innych badaniach zawartość lipidów w chlebach pszennych wypieczonych na zakwasie z dodatkiem otrąb owsianych wynosiła od 3,4 % dla 30 % otrąb do 4,3 % dla 50 % [20]. Ci sami badacze oznaczyli także ilość lipidów w chlebach z 30 – 50-procentowym dodatkiem mąki jęczmiennej i uzyskali skrajne zawartości odpowiednio 1,8 % i 2,3 %. Zawartość skrobi w analizowanym pieczywie również była parametrem istotnie zróżnicowanym. Wyższą zawartością tego składnika wyróżniały się chleby A, C i D, czyli baltonowski (62,1 %), bułka wyborowa (65,1 %) oraz rycerski (72,4 %), zawierające w składzie mąkę pszenną lub mieszaną pszenną i żytnią. Zawartość skrobi w tego typu mąkach oraz chlebach mieści się w zakresie 63 – 66 % [6, 15]. Chleb żytni razowy (B) oraz chleb zdrowko (E) wypieczone wyłącznie z mąki żytniej, charakteryzowały się nieco niższą zawartością tego składnika, odpowiednio 59,8 % i 60,7 %, przy średnim poziomie 60,3 %, który odpowiada ilości skrobi zawartej w ziarnie tego gatunku zboża (57,4 – 61,7 %) [7]. Najmniejszą średnią ilość skrobi (55,5 %) zawierały chleby o najbardziej złożonym składzie, czyli rodzinny (57,2 %), orkiszowy ekstra (53,9 %) oraz kołacz (55,3 %) (F, G, H). Duża ilość dodatków o charakterze nieskrobiowym w tych chlebach przyczyniła się do tego, że ogólna zawartość skrobi uległa zmniejszeniu w porównaniu z pieczywem o prostym składzie. W badaniach innych autorów zawartość skrobi w chlebach pszennych wynosiła około 65 % [11, 12], natomiast w pieczywie o obniżonej ilości węglowodanów ilość tego składnika wynosiła 50,7 % [11].

#### *Składniki bioaktywne*

Zawartość składników bioaktywnych była istotnie zróżnicowana w badanych chlebach i została przedstawiona w Tabeli 2. Podstawowym składnikiem bioaktywnym ziarna zbóż jest błonnik pokarmowy (DF), który występuje przede wszystkim w zewnętrznych częściach ziarniaka, najczęściej usuwanych podczas produkcji mąki. Tak więc istotne znaczenie dla zawartości tego składnika w chlebie ma rodzaj mąki użytej do wypieku, jak również gatunek zboża, a w dalszej kolejności zastosowane dodatki. Najbogatszym źródłem DF był pełnoziarnisty chleb żytni na zakwasie (B), zawierający aż 15,2 %, co jest bezpośrednio związane z wysoką zawartością tego składnika w ziarnie żyta, na średnim poziomie 14,9 % [7]. Wysokimi zawartościami błonnika w ilości odpowiednio 10,6 % i 10,5 % wyróżniały się także chleby zdrowko (E) i orkiszowy ekstra (G). W pierwszym przypadku, wysoka zawartość DF, wynikała z użycia do wypieku mąki żytniej oraz zastosowania dodatku w postaci nasion lnu, w których ilość tego składnika wynosi około 27 % [3]. W próbie chleba orkiszowego ekstra (G), dodatkowym źródłem błonnika pokarmowego mógł być zastosowany dodatek otrąb pszennych, charakteryzujących się zawartością tego składnika w ilości nawet 53 %



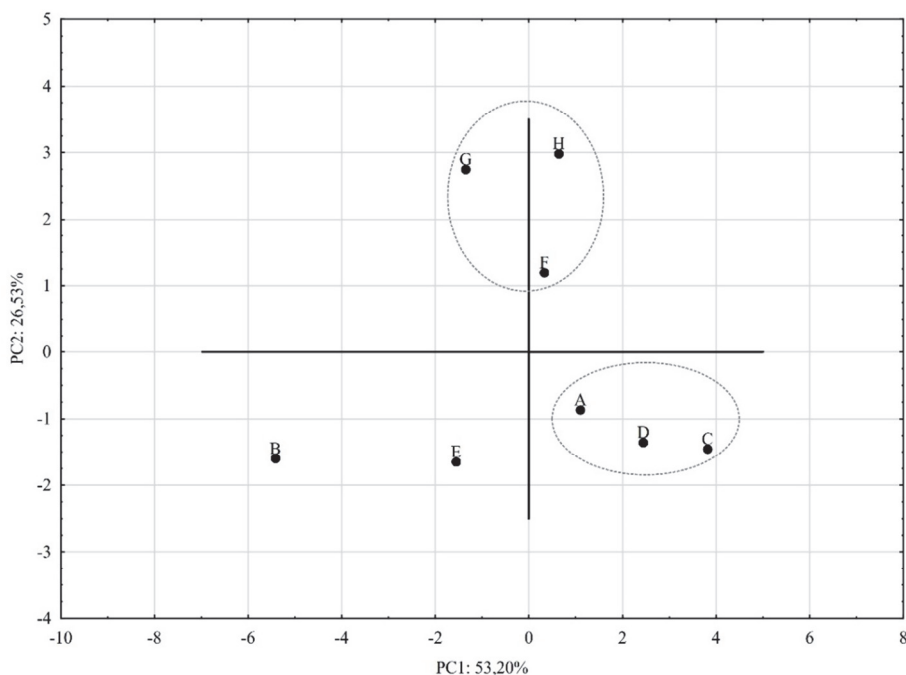
[29]. Najniższą zawartość DF w ilości 5,6 % zaobserwowano dla bułki wyborowej (C), wypieczonej z białej mąki pszennej. W przypadku wszystkich rodzajów chleba główną frakcją DF stanowiły nieskrobiowe polisacharydy (NSP), w zakresie od 63 % dla chleba kołacz (H) do 76 % dla chleba żytniego razowego (B). W obrębie NSP dominowała frakcja nierozpuszczalna, która w ziarnie zbóż stanowi większość [7, 9]. Ilość tej frakcji mieściła się w zakresie od 2,1 % dla bułki wyborowej (C) do 7,2 % dla chleba żytniego razowego (B). Frakcja rozpuszczalna NSP stanowiła mniejszą część tych związków, a jej wartości mieściły się w zakresie od 1,8 % dla chleba kołacz (H) do 4,3 % dla chleba żytniego razowego (B). Tylko w przypadku trzech prób: bułki wyborowej, chleba rycerskiego i chleba zdrówko (C, D, E) zawartość frakcji S-NSP była na poziomie podobnym do frakcji I-NSP. W przypadku bułki wyborowej (C) był to skutek zastosowania w produkcji białej (rafinowanej) mąki, pozbawionej frakcji otrąb. Do wypieku chleba rycerskiego (D) prawdopodobnie również zastosowano w większości mąkę pszenną rafinowaną oraz dodatek mąki żytniej, która charakteryzuje się większą zawartością rozpuszczalnych frakcji błonnika [9]. Na przykładzie chleba zdrówko (E) można wnioskować, że do jego produkcji zastosowano zwykłą (rafinowaną) mąkę żytnią, a dodatkowo na wzrost zawartości frakcji S-NSP mógł wpłynąć dodatek siewianin. W nasionach lnu frakcja rozpuszczalna stanowi jedną trzecią całości błonnika pokarmowego, a jej główną część stanowią śluz okrywy nasiennej. Błonnik rozpuszczalny składa się głównie z ekstrahowalnych w wodzie polisacharydów, odpowiedzialnych za wysoką zdolność nasion lnu do wiązania wody [17]. Zawartość ligniny, należącej do frakcji nierozpuszczalnej błonnika pokarmowego była istotnie zróżnicowana w badanym materiale i mieściła się w zakresie od 0,2 % do 1,4 %, odpowiednio dla bułki wyborowej (C) i chleba żytniego razowego (B), które charakteryzowały się jednocześnie najmniejszą i największą zawartością DF oraz jego frakcji I-NSP. Uzyskane zawartości błonnika pokarmowego oraz jego poszczególnych frakcji są zbliżone do wyników opisanych przez Ragae i wsp. [30] dla chleba pszennego z dodatkiem mąk całoziarnowych z jęczmienia, owsa, żyta i pszenicy. Autorzy uzyskali zawartość DF w zakresie od 3,6 % dla próby kontrolnej do 9,1 % dla chleba z dodatkiem mąki jęczmiennej. W odniesieniu do frakcji rozpuszczalnej oznaczona zawartość mieściła się w zakresie od 1,5 % do 1,8 % dla chlebów z udziałem mąki pszennej i pszennej całoziarnowej do 3,2 % dla dodatku mąki jęczmiennej. Największą zawartość frakcji nierozpuszczalnej na poziomie 5,6 % i 5,9 % autorzy uzyskali dla pieczywa z dodatkiem mąki żytniej i jęczmiennej. Istotnym składnikiem błonnika pokarmowego jest skrobia oporna (RS), również zaliczana do jego frakcji nierozpuszczalnej. W produktach zbożowych najbardziej rozpowszechniona jest forma RS3 skrobi odpornej – skrobia retrogradowana, która jest stabilna w procesie obróbki termicznej żywności oraz oporna na działanie enzymów trawiennych. Skrobia oporna przechodzi przez przewód pokarmowy do okrężnicy, gdzie jest fermentowana przez bakterie wytwarza-

jące ważne metabolity, takie jak krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA, ang. *shortchainfattyacids*), głównie kwas masłowy, propionowy i octowy oraz gazy, takie jak metan, wodór i dwutlenek węgla [8]. Zawartość RS w badanym pieczywie była istotnie zróżnicowana i mieściła się w zakresie od 1,2 % dla bułki pszennej (C) do 2,4 % dla chlebów żytnich (B i E), przy średniej zawartości na poziomie 1,9 %. Zawartość tego składnika była bezpośrednio powiązana z ilością błonnika pokarmowego w badanym pieczywie. Obydwa chleby żytnie charakteryzowały się największą zawartością DF, a współczynnik korelacji pomiędzy zawartością skrobi odpornej a błonnika wynosił 0,79. Otrzymane w badaniach zawartości RS są zgodne z danymi literaturowymi opisanymi przez Murphy i wsp. [26], w których ilość tego składnika w różnego typu chlebach mieściła się w zakresie od 0,5 % do 4,5 %. Również Dhinda i wsp. [11] oznaczyli zawartość RS w chlebie pszennym i pszennym suplementowanym w ilości odpowiednio 2,5 % i 5,3 %, natomiast Sęczyk i wsp. [33], badając pieczywo pszenne suplementowane łuskami lnu, które stanowią źródło nierozpuszczalnej frakcji błonnika, oznaczyli średnią zawartość RS na poziomie 25,6 %. Kolejnym ważnym elementem błonnika pokarmowego jest  $\beta$ -glukan, którego zawartość w badanym pieczywie była niska i mieściła się w zakresie od 0,2 % dla chleba kołacz (H) do 1,6 % dla chleba żytniego razowego (B). Niewielka zawartość tego składnika wynikała bezpośrednio z receptury pieczywa. Związek ten w zbożach w największej ilości występuje w ziarnie owsa i jęczmienia, a żaden z badanych produktów nie zawierał tych składników, ani też dodatku czystego  $\beta$ -glukanu. Najwyższe zawartości tego składnika na poziomie 1 % i 1,6 %, które otrzymano dla chlebów żytnich razowego i zdrówko (B i E), są typowe dla tego gatunku zboża [2]. Oprócz błonnika pokarmowego, w produktach zbożowych występują także związki fenolowe, równie ważne ze względu na swój prozdrowotny charakter. Do grupy tych związków zaliczamy między innymi kwasy fenolowe, alkilorezorcynole, lignany, sterole, benzoksazanoidy i niektóre witaminy. Szereg z nich, a w szczególności kwasy fenolowe, to związki stabilne w trakcie procesów przetwarzania żywności. Związki fenolowe wykazują działanie przeciwutleniające, jak również mogą wpływać na obniżenie ryzyka zachorowań na choroby układu krążenia, niektóre typy nowotworów, cukrzycę typu II i otyłość [16]. Zawartość związków fenolowych ogółem (TPC), jak również powiązana z nią aktywność antyoksydacyjna (ABTS) różniły się istotnie w badanym materiale, a uzyskane wartości, podobnie jak w przypadku pozostałych związków, były ściśle powiązane ze składem pieczywa. Zaobserwowano istotną zależność pomiędzy tymi parametrami, co potwierdziła wysoka wartość współczynnika korelacji 0,96. Największymi wartościami dla obydwu cech wyróżniał się chleb orkiszowy extra (próba G), dla którego uzyskano wyniki odpowiednio: 1,9 mg kw.g./g oraz 7,0 mg Troloxu/g. Najmniejsze wartości, na poziomie odpowiednio 0,5 mg kw.g./g i 2,4 mg Troloxu/g stwierdzono dla próby C, którą była bułka wyborowa. Na podstawie uzyskanych wyników zaobserwowano, że

istotnie wyższymi wartościami TPC (powyżej 1,0 mg kw.g./g), a tym samym również ABTS (powyżej 5,0 mg Troloxu/g) wyróżniało się pieczywo, w którym zastosowano niezbożowe dodatki roślinne (nasiona, kasze, pestki), stanowiące bogate źródło tych składników, a także pełnoziarnisty chleb żytni (próba B). Autorzy innych prac badawczych, dotyczących pieczywa funkcjonalnego uzyskali niższą zawartość TPC oraz ABTS w porównaniu z większością analizowanych obiektów, a uzyskane wartości mieściły się w zakresie odpowiednio 0,559 – 0,589 mg kw.g./g oraz 1,34-1,7 mg Troloxu/g [25]. Sęczyk i wsp. [33] oznaczyli zawartość TPC w kontrolnych chlebach pszennych w ilości 0,42 mg kw.g./g, natomiast aktywność antyoksydacyjną na poziomie 0,34 mg Troloxu/g. W innych badaniach porównywano wzrost omawianych parametrów w chlebach pszennych suplementowanych ekstraktem z cebuli. Uzyskane zawartości TPC zmieniały się w zakresie od 0,31 mg kw.g./g dla chleba pszennego do 7,27 mg kw.g./g dla chleba z 1 % dodatkiem ekstraktu. Aktywność antyoksydacyjna tych samych prób również wzrastała, odpowiednio od 0,82 mg Troloxu/g do 63,5 mg Troloxu/g [10].

#### *Analiza składowych głównych (PCA)*

W celu przedstawienia różnic pomiędzy poszczególnymi typami pieczywa przeprowadzono analizę składowych głównych, a jej wyniki przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Wykres dwóch pierwszych składowych głównych dla badanych rodzajów pieczywa  
Figure 1. Score plot for the first two principal components from analysis of different kinds of bread

Dwie składowe główne PC1 i PC2 wyjaśniały odpowiednio 53,2 % i 26,5 % zmienności. Pierwszą składową (PC1) budowały przede wszystkim zawartości: błonnika pokarmowego ( $r = -0,99$ ), w tym NSP ( $r = -0,97$ ), I-NSP ( $r = -0,97$ ), S-NSP ( $r = -0,85$ ),  $\beta$ -glukanu ( $r = -0,84$ ), skrobi odpornej ( $r = -0,83$ ) i ligniny ( $r = -0,74$ ), a także białka ( $r = 0,51$ ), popiołu ( $r = -0,86$ ) i aktywności antyoksydacyjnej ( $r = -0,63$ ). Drugą składową (PC 2) budowały głównie składniki odżywcze: lipidy ( $r = 0,84$ ), skrobia ( $r = -0,73$ ), białko ( $r = 0,66$ ), a także zawartość związków fenolowych ( $r = 0,90$ ), aktywność antyoksydacyjna ( $r = 0,76$ ) oraz  $\beta$ -glukan ( $r = -0,50$ ). Na podstawie uzyskanych wyników badane chleby podzielono na 4 grupy. Pierwszą stanowiły próby chleba F, G i H, czyli chleb rodzinny, orkiszowy i kołacz, które na tle pozostałych obiektów wyróżniały się wysoką zawartością białka i lipidów oraz niską skrobi, a w odniesieniu do składników bioaktywnych wysokim poziomem TPC oraz ABTS i niższym  $\beta$ -glukanu. W skład drugiej grupy wchodziły chleb baltonowski, bułka wyborowa i chleb rycerski (A, C, D), w których stwierdzono wysoką zawartość białka, a niską popiołu oraz błonnika pokarmowego i jego poszczególnych składowych. Ponadto, według składowej drugiej PC2, próby te charakteryzowały się niską ilością lipidów i wysoką zawartością skrobi oraz dość niskim poziomem TPC. Kolejne dwie grupy stanowiły próby chlebów żytnich razowego (B) oraz zdrówko (E). Obydwa chleby charakteryzowały się przede wszystkim najniższą wśród badanych prób zawartością białka, a także niską ilością lipidów i podobną ilością skrobi. Próby te różniły się przede wszystkim pod względem zawartości błonnika pokarmowego, oraz jego komponentów, przy czym chleb żytni razowy (B) wyróżniał się największą ilością tego składnika. Wyniki uzyskane w analizie PCA są potwierdzeniem opisanych wcześniej wyników i pozwalają na wskazanie rodzajów pieczywa o korzystniejszym składzie chemicznym.

## Wnioski

1. Badane rodzaje pieczywa różniły się istotnie pod względem zawartości składników odżywczych i bioaktywnych.
2. Spośród badanych obiektów najkorzystniejszym składem chemicznym i właściwościami prozdrowotnymi wyróżniał się chleb żytni razowy (B), a najbardziej ubogim pod tym względem produktem była pszenna bułka wyborowa (C).
3. Zastosowanie dodatku różnych nasion, pseudozbóż oraz otrąb w niektórych rodzajach chleba znacząco wpłynęło na podniesienie wartości odżywczej i prozdrowotnej badanych produktów. Jednocześnie może to skutkować wzrostem kaloryczności pieczywa, co jest istotne w przypadku osób cierpiących na otyłość.

## Literatura

- [1] Akkaya M.R.: Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. Riv. Ital. Sostanze Grasse, 2018, 95, 239-247.
- [2] Andersson A.A.M., Ruegg N., Aman P.: Molecular weight distribution and content of water-extractable  $\beta$ -glucan in rye crisp bread. J. Cereal Sci., 2008, 47, 399-406.
- [3] Bartkowski L.: Nasiona lnu – naturalne źródło zdrowia i urody. Chemik, 2013, 67 (3), 186-191.
- [4] Binder M., Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Jankowska M., Chojnacka E.: Charakterystyka składu frakcyjnego i właściwości reologicznych białka wypełniającego ziarna żyta. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 6 (79), 67 – 78.
- [5] Bojanska T., Francakova H., Liskova M., Tokar M.: Legumes – The alternative raw materials for bread production. J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci., 2012, 1, 876 – 886.
- [6] Borczak B., Sikora E., Sikora M., Kapusta-Duch J., Kutyla-Kupidura E.M., Fołta M.: Nutritional properties of wholemeal wheat-flour bread with an addition of selected wild grown fruits. Starch, 2016, 68, 675–682.
- [7] Boros D., Fraś A., Gołębiwska K., Paczkowska O., Wiśniewska M.: Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB, 2015, 49, 1-119.
- [8] Correa M.J., Giannuzzi L., Weisstaub A.R., Zuleta A., Ferrero C.: Chemically modified resistant starch in breadmaking: Impact on bone, mineral metabolism and gut health of growing Wistar rats. Int. J. Food Sci. Technol., 2020, 55, 239-247.
- [9] Cyran M. R., Ceglińska A.: Genetic variation in the extract viscosity of rye (*Secale cereale* L.) bread made from endosperm and wholemeal flour: impact of high-molecular weight arabinoxylan, starch and protein. J. Sci. Food Agric., 2011, 91, 469–479.
- [10] Czaja A., Czubaszek A., Wyspińska D., Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z.: Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage. Int. J. Food Sci. Technol., 2020, 55, 1725-1734.
- [11] Dhinda F., Lakshmi A., Parkash J., Dasappa I.: Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of high protein, high fibre and low carbohydrate bread. Food Bioprocess Technol., 2012, 5, 2998-3006.
- [12] Fraś A., Gołębiwska K., Gołębiwski D., Mańkowski D.R., Boros D., Szcówka P.: Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. J. Cereal Sci., 2016, 71, 66-72.
- [13] Gambuś H., Borowiec F., Gambuś F., Zając T.: Zdrowotne aspekty chleba z dodatkiem nasion lnu oleistego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1999, 4 (21), 185-195.
- [14] Gambuś H.: Nasiona lnu oleistego (*Linum Usitatissimum* L.) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, 4 (45), Supl., 61-74.
- [15] Grossmann I., Koehler P.: Fractionation-reconstitution studies to determine the functional properties of rye flour constituents. J. Cereal Sci., 2016, 70, 1-8.
- [16] Iftikhar M., Zhang H., Iftikhar A., Raza A., Khan M., Sui M., Wang J.: Comparative assessment of functional properties, free and bound phenolic profile, antioxidant activity, and in vitro bioaccessibility of rye bran and its insoluble dietary fiber. J. Food Biochem. 2020, 44, #e13388.
- [17] Kajla P., Sharma A., Raj Sood D.: Flaxseed - a potential functional food source. J. Food Sci. Technol., 2015, 52, 1857–1871.
- [18] Kaprelyants L., Fedosov S., Zhygunov D.: Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts. J. Sci. Food Agric., 2013, 93, 3611–3616.
- [19] Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C.J., Wang B., Adhikari B.: Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. Food Chem., 2016, 197, 212-220.

- [20] Kawka A., Górecka D.: Porównanie składu chemicznego pieczywa pszenno-owsianego i pszenno-jęczmiennego z udziałem zakwasów fermentowanych starterem LV2. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 3 (70), 44-55.
- [21] Kendall C.W., Esfahani A., Jenkins D.D.J.: The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocoll.*, 2010, 24, 42-48.
- [22] Łopaciuk W.: Rynek zbóż – stan i perspektywy. *Zakład Rynków Rolnych i Metod Ilościowych IERiGŻ-PIB*, 2020, Nr 59.
- [23] Mańkowski D.R., Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D.: Consumer acceptance of Polish bread products. *Plant Breed. Seed Sci.*, 2018, 77, 33-42.
- [24] Marsh E.A., Munn E.A., Baines S.K.: Protein and vegetarian diets. *Med. J. Aust.*, 2012, 1 Supl. 2, 7-10.
- [25] Mikusova L., Grekova P., Kockova M., Strudik E., Valachovicova M., Holubkova A., Vajdak M., Mikus L.: Nutritional, antioxidant and glycemic characteristics of new functional bread. *J. Cereal Sci.*, 2013, 67, 284-291.
- [26] Murphy M.M., Spungen Douglas J., Birkett A.: Resistant starch intakes in the United States. *J. Am. Diet Assoc.*, 2008, 108, 67-78.
- [27] Naczki, M., Amarowicz, R., Sullivan, A., & Shahidi, F.: Current research developments on polyphenolics of rapeseed/Canola: a review. *Food Chem.*, 1998, 62, 489-502.
- [28] Nordlund E., Katina K., Mykkanen H., Poutanen K.: Distinct characteristics of rye and wheat breads impact on their in vitro gastric disintegration and in vivo glucose and insulin responses. *Foods* 2016, 5, #24.
- [29] Onipe O.O., Jideani A.O.O., Beswa D.: Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2015, 50, 2509–2518.
- [30] Ragaee S., Guzar I., Dhull N., Setharaman K.: Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *Food Sci. Tech.*, 2011, 44, 2147-2153.
- [31] Ray S., Paynel F, Morvan B., Lerouge P., Driouch A., Ray B.: Characterization of mucilage polysaccharides, arabinogalactan proteins and cell-wall hemicellulosic polysaccharides isolated from flax seed meal: A wealth of structural moieties. *Carbohydr. Polym.*, 2013, 93, 651-660.
- [32] Re, R., Pelligini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.: Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 1999, 26, 1231-237.
- [33] Sęczyk Ł., Świeca M., Dziki D., Anders A., Gawlik-Dziki U.: Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. *Food Chem.*, 2017, 214, 32-38.
- [34] Shidu J., Al-Hooti S.N., Al-Saqer J.M.: Effect of adding wheat bran and germ fractions on the chemical composition of high-fiber bread. *Food Chem.*, 1999, 67, 365-371.
- [35] Silska G.: The Unique Composition of Fatty Acids of Flax, from the *Linum usitatissimum* L. collection. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.*, 2019, 18, 13731-13736.
- [36] Turkmen O., Ozcan M.M., Seymen M., Paskoy M., Uslu N., Fidan S.: Physico-chemical properties and fatty acid compositions of some edible pumpkin seed genotypes and oils. *J. Agroalim. Processes Technol.*, 2017, 23 (4), 229-235.
- [37] Wrzosek M., Włodarek D.: Wpływ podaży makroskładników odżywczych i wartości energetycznej diety na stężenie testosteronu u mężczyzn uprawiających sport. *Polish J. Sport Med.*, 2018, 34, 9-16.

**ASSESSING CONTENT OF SELECTED NUTRIENTS AND BIOACTIVES IN DIFFERENT KINDS OF BREAD AVAILABLE ON THE POLISH MARKET**

## S u m m a r y

**Background.** Cereal products, including bread, play an important role in our daily diet and are a source of energy, nutrients and health promoting components. Consuming bread of the best possible quality is an important element of preventive treatment in times marked by the increasing number of diet-related diseases in the society. There is also a need to research the quality of bread assortment available on the market. As a result, consumers will have access to information on the benefits of consuming high-quality food and will be able to choose an assortment tailored to their own needs. The aim of this work was to assess the diversified content of nutrients and bioactive ingredients in popular types of bread available on the Polish market. Moreover, it was demonstrated how ingredients used for baking bread affected the chemical profile of the finished product.

**Results and conclusion.** Eight commercial samples of bread with different composition declared on the labels were tested. In all samples the following nutrients were marked: protein, ash, lipids and starch, as well as bioactive components: dietary fiber broken down into insoluble and soluble fractions, total phenolic compounds and antioxidant activity. The analyzed breads differed significantly in terms of chemical composition, which resulted from the amount of raw materials used in production, production technology and additives used. The research showed that out of all samples covered by the analysis the wholemeal rye bread had the best composition and contained the highest content of ash (3.9 %), dietary fiber (15.2 %) and  $\beta$ -glucan (1.6 %), as well as high antioxidant activity (5.5 mg Trolox/g). The wheat roll had the least favorable properties – it had the highest lipid content (3.4 %) and contained the lowest level of ash (2.3 %) and most bioactive compounds (dietary fiber 5.6 %, lignin 0.2 %, resistant starch 1.2 %, total phenolic compounds 0.5 mg GAE/g and antioxidant activity 2.4 mg Trolox/g).

**Key words:** protein, dietary fiber, bread, flour, antioxidant properties 