

ANNA MATUSZ-MIRLAK, DOROTA PASTUSZKA, HALINA GAMBUŚ

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW PROZDROWOTNYCH W EKSTRUDATACH Z UDZIAŁEM OTRĄB ŻYTNICH

Streszczenie

W pracy porównano zawartość włókna pokarmowego (w tym pentozanów) oraz związków biologicznie czynnych, tj. polifenoli i alkilorezorcynoli w otrębach żytnich, mące żytniej i kaszce kukurydzianej oraz wyrobach ekstrudowanych typu chrupki, sporządzonych z tych surowców. Wykazano większą zawartość składników prozdrowotnych w otrzymanych ekstrudatach w porównaniu z surowcami, a mianowicie 2-krotnie większą zawartość rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego i pentozanów, 2–3-krotnie mniejszą zawartość alkilorezorcynoli oraz istotnie większą: aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli.

Słowa kluczowe: włókno pokarmowe, alkilorezorcynole, ekstrudowane chrupki, polifenole, aktywność przeciwutleniająca

Wstęp

Ziarno żyta zawiera wiele składników chemicznych mających pozytywne znaczenie w żywieniu człowieka, dietetyce oraz profilaktyce niektórych chorób cywilizacyjnych. Są to substancje wchodzące w skład włókna pokarmowego oraz związki biologicznie czynne, takie jak: kwasy fenolowe i alkilorezorcynole, które zaledwie od kilku lat uważa się za istotne do prawidłowego przebiegu przemian biochemicznych kwasów tłuszczowych, fosfolipidów i triacylogliceroli. Ziarno żyta charakteryzuje się największą, spośród zbóż, zawartością tych związków [4]; szczególnie dużo jest ich w otrębach, które w naturalnej formie nie są akceptowane przez wielu konsumentów. Dlatego obok zwiększania w diecie żywności pochodzenia roślinnego, obserwuje się także modyfikacje lub wprowadzenie całkowicie nowych metod produkcji artykułów żywnościowych, do których z pewnością można zaliczyć proces ekstruzji [3]. Obróbka termiczna i hydrotermiczna ziarna podczas procesów przetwórczych na ogół zmniejsza zawartość związków biologicznie czynnych w produktach finalnych.

Mgr inż. A. Matusz-Mirlak, mgr inż. D. Pastuszka, prof. dr hab. inż. H. Gambuś, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

Dlatego celem podjętych badań było określenie zawartości wybranych składników prozdrowotnych w chrupkach otrzymanych metodą ekstruzji z produktów laboratoryjnego przemiału ziarna żyta, z udziałem lub bez udziału kaszki kukurydzianej, i porównanie ich pod względem jakości z surowcami wyjściowymi, tj. otrębami i mąką żytnią.

Material i metody badań

Przedmiotem badań były chrupki sporządzone z produktów przemiału ziarna żyta w ekstruderze jednoślimakowym, przy zastosowaniu następujących parametrów procesu: stopień sprężania ślimaka 3:1, obroty ślimaka – 190 obr./min, średnica matrycy – 3 mm, temperatura w kolejnych sekcjach 120/160/180°C. Były to chrupki o wysokiej akceptacji konsumenckiej [11]. W użytych do badań surowcach, tj. otrębach żytnich handlowych oraz z laboratoryjnego przemiału ziarna odmian Dańkowskie Złote i Amilo, w mące z ww. odmian, jak również w handlowej kaszce kukurydzianej, a w następnej kolejności w sporządzonych z tych surowców ekstrudatach – chrupkach, oznaczano zawartość składników funkcjonalnych, tj.:

- włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) metodą AOAC, standard 991.43 [1],
- pentozanów (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) metodą orcynową wg Hashimoto i wsp. [6],
- alkilorezorcynoli metodą HPLC [5],
- polifenoli metodą Svaina i Hills'a [16]

Określono także aktywność przeciwutleniającą ekstraktów metanolowo-acetonowych, przy zastosowaniu syntetycznego rodnika ABTS, wg metody Re i wsp. [12].

Rozdziału surowych acetonowych ekstraktów dokonywano przy użyciu kolumny Waters, Nova-Pack® Silica, 3,9 x 150 mm, 4 µm, używając systemu HPLC firmy Waters wyposażonego w: Waters 600 Controller, Waters 717 plus Autosampler, Waters 996 Photodiode Array Detector. Jako fazę ruchomą zastosowano chloroform (LAB-SCAN) o szybkości przepływu 1 cm³/min. Detekcję piku alkilorezorcynoli prowadzono przy długości fali 280 nm. Do przygotowania krzywej wzorcowej użyto od 1 do 5 µg całkowitych żytnich alkilorezorcynoli. Wszystkie analizy przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

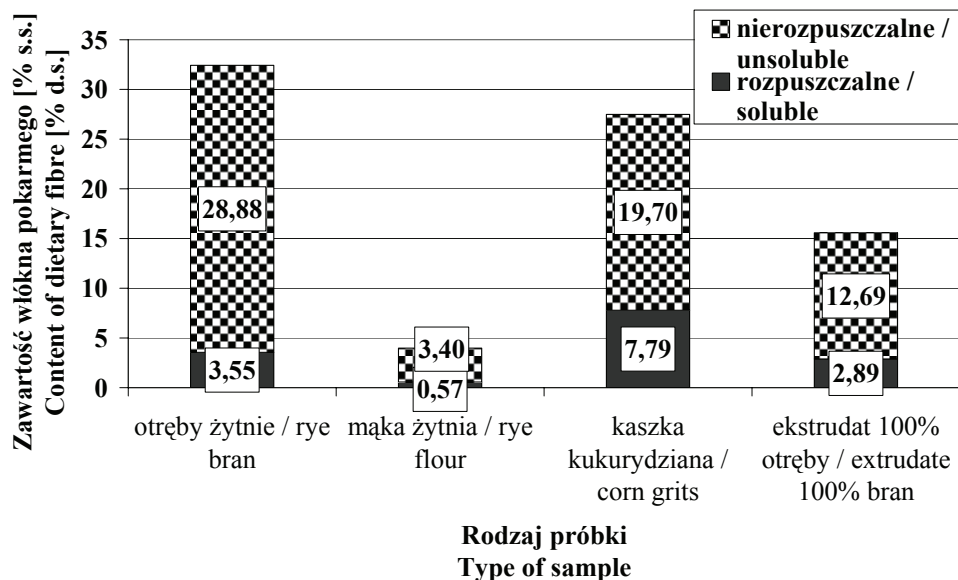
Wyniki i dyskusja

Przemiany składników pokarmowych podczas ekstruzji są na ogół pozytywne, dlatego proces ten coraz częściej jest wykorzystywany w technologii żywności. Termiczna obróbka włókna pokarmowego może zmieniać nie tylko jego skład chemiczny, ale także

zdolności oddziaływania na przewód pokarmowy. Zmniejszenie się ilości frakcji nierozpuszczalnej pogarsza właściwości balastotwórcze i zdolność oddziaływania na perystaltykę jelit, przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości frakcji rozpuszczalnych, chroniących organizm człowieka przed tzw. „chorobami cywilizacyjnymi” [15].

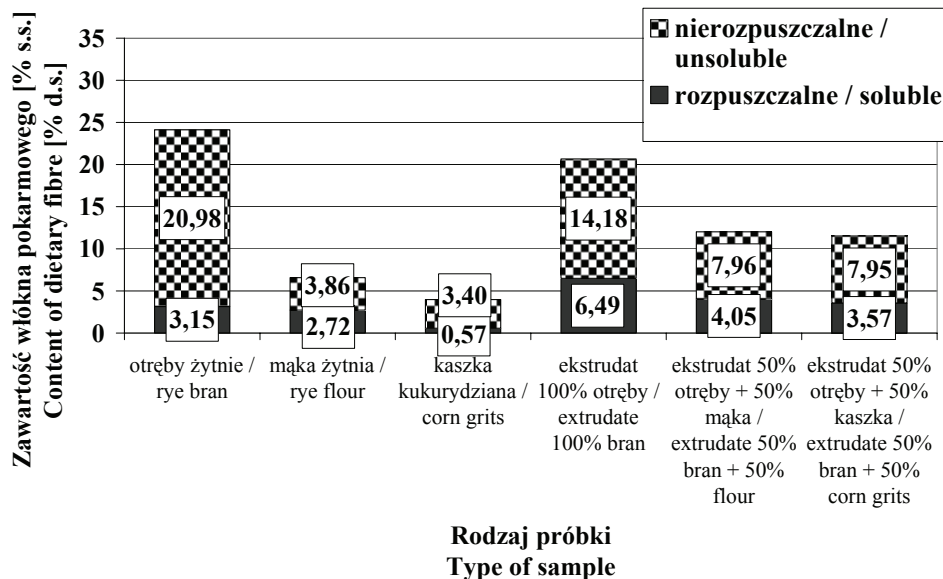
Analizując zawartość włókna pokarmowego w badanych ekstrudatach, stwierdzono dwukrotny wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej tego włókna w produktach finalnych ze 100% otrąb, w porównaniu z użytymi surowcami (rys. 1, 2 i 3). W chrupkach z 50-procentowym udziałem mąki lub kaszki kukurydzianej największą zawartość tej frakcji oznaczono stosując produkty przemiału ziarna żyta odmiany Dańkowskie Złote (rys. 3), dlatego ziarno tej odmiany można szczególnie polecić do przemysłowej produkcji tego typu wyrobów przekąskowych. Na wartość dietetyczną ocenianych chrupiek wpływa również zawartość pentozanów, a zwłaszcza ich frakcji rozpuszczalnej, która we wszystkich asortymentach kształtowała się podobnie, jak zawartość rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego (rys. 4, 5 i 6), zgodnie ze stwierdzoną w badaniach wcześniejszych korelacją między tymi składnikami [4, 10]. Oceniając zatem zaobserwowane zmiany zawartości analizowanej frakcji nieskrobiowych polisacharydów, można poprzeć pogląd reprezentowany w wielu publikacjach na temat zwiększenia wartości prozdrowotnej surowców zbożowych poddanych procesowi ekstruzji [15].

Znaczniej słabiej poznaną grupą związków chemicznych o charakterze prozdrowotnym, od substancji wchodzących w skład włókna pokarmowego, są występujące w ziarnie żyta kwasy fenolowe towarzyszące substancjom pentozanowym oraz alkilorezorcynole. W otrębach żytnich jest ogółem pięciokrotnie więcej alkilorezorcyn niż w otrębach pszennych [13]. Wiadomo, że alkilorezorcyny wywierają szkodliwy wpływ na organizm zwierzęcy [13], stąd istnieje również potrzeba odpowiednich badań dotyczących żywienia człowieka. W nieprzetworzonej formie stwierdzono obecność alkilorezorcyn w osoczu krwi człowieka i w znacznej ilości w erytrocytach, z czego wynika, że są one absorbowane z pożywienia [8]. Długołańcuchowe alkilorezorcynole, obecne w otrębach zbożowych, charakteryzują się większą zdolnością wnikania w błony komórkowe, co powoduje wzrost ich przepuszczalności, a w przypadku erytrocytów nawet ich hemolizę [5, 13]. Pomimo wielu badań dotyczących efektów biochemicznych wywoływanych przez alkilorezorcyny, ich rola w organizmie, przyswajalność i metabolizm nadal nie są znane [7]. Dlatego też z rezerwą należy podchodzić do ich nadmiernej podaży w codziennej diecie, tzn. do spożywania surowych, niepoddanych obróbce termicznej otrąb, co jest propagowane w niektórych współczesnych dietach. Konsumenty stosujący dietę tzw. bogatoresztkową narażeni są na spożywanie znacznej ilości tych związków. Lorenz i Al-Ruqaie [9] zaobserwowali zmniejszenie zawartości alkilorezorcynoli w produktach otrzymanych w procesie ekstruzji. Wyniki badań



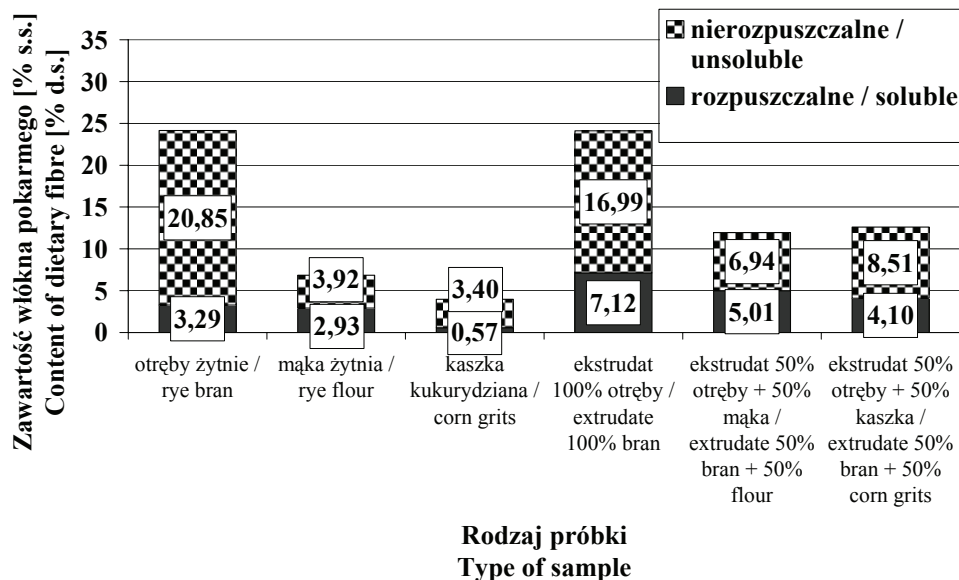
Rys. 1. Zawartość włókna pokarmowego w otrębach żytnich handlowych oraz w ekstrudatach z ich udziałem.

Fig. 1. Content of dietary fibre in commercial rye bran and in the extrudates containing this ingredient added.



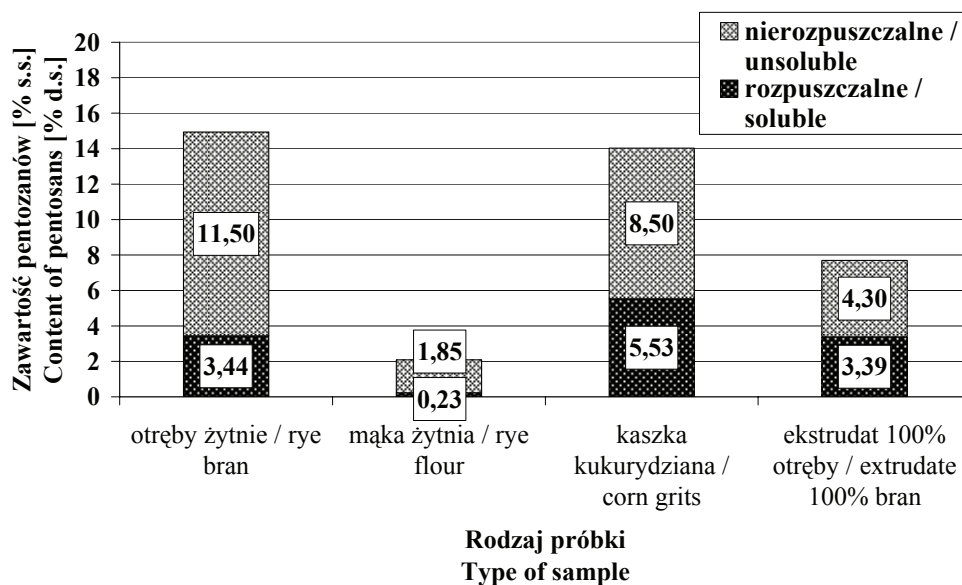
Rys. 2. Zawartość włókna pokarmowego w otrębach i w mące z żyta odmiany Amilo oraz w ekstrudatach z ich udziałem.

Fig. 2. Content of dietary fibre in rye bran and rye flour (Amilo variety) and in the extrudates with those ingredients added.



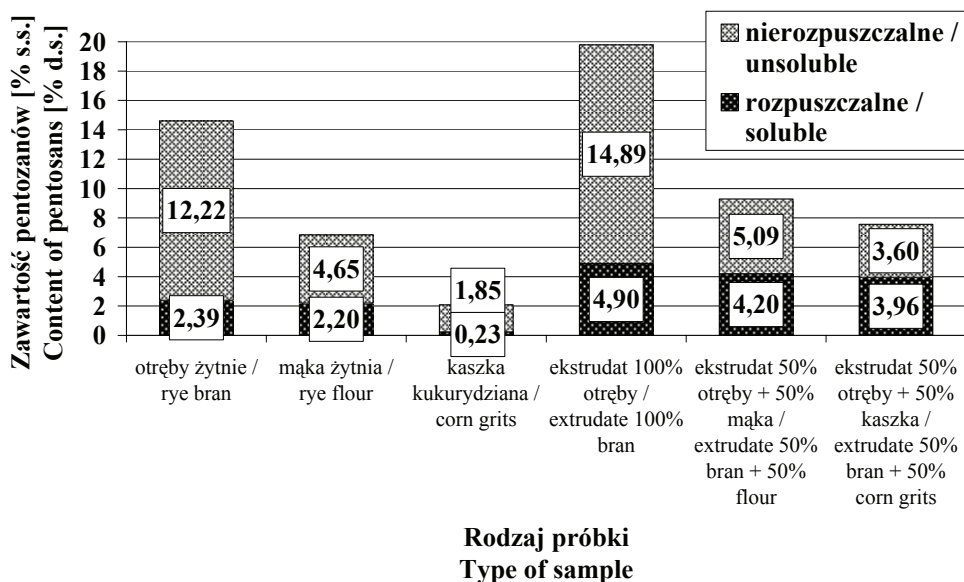
Rys. 3. Zawartość włókna pokarmowego w otrębach i w mące z żyta odmiany Dańkowskie Złote oraz w ekstrudatach z ich udziałem.

Fig. 3. Content of dietary fibre in rye bran and flour (Dankowskie Złote variety) and in the extrudates containing those ingredients added.



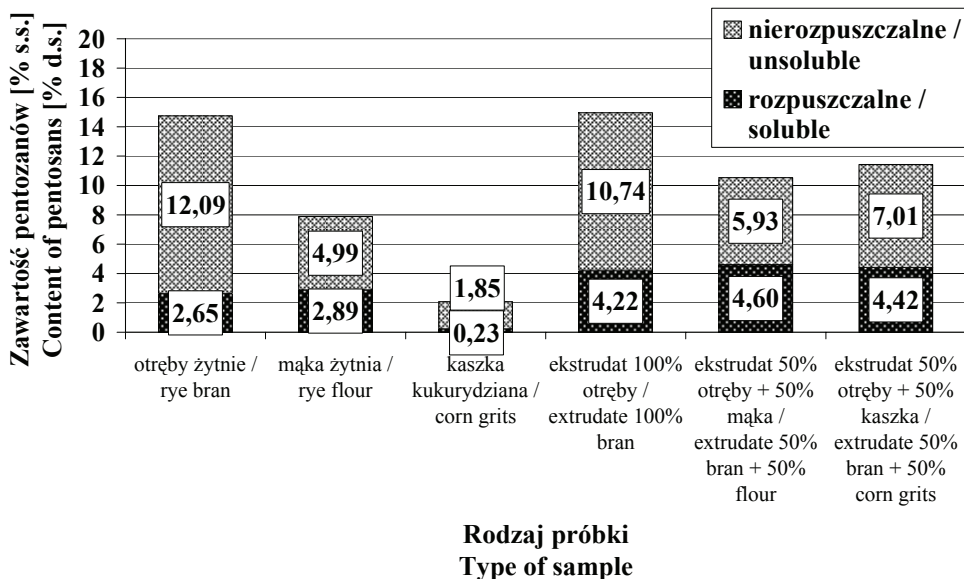
Rys. 4. Zawartość pentozanów w otrębach żytnich handlowych oraz w ekstrudatach z ich udziałem.

Fig. 4. Content of pentosans in commercial rye bran and in the extrudates containing this ingredient added.



Rys. 5. Zawartość pentozanów w otrębach i w mące z żyta odmiany Amilo oraz w ekstrudatach z ich udziałem.

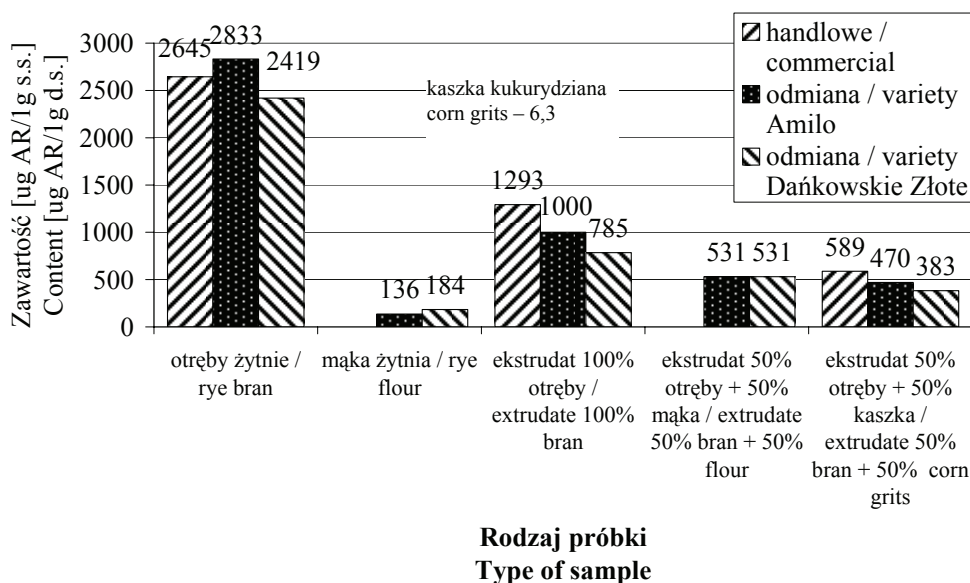
Fig. 5. Content of pentosans in rye bran and flour (Amilo variety) and in the extrudates containing those ingredients added.



Rys. 6. Zawartość pentozanów w otrębach i w mące z żyta odmiany Dańkowskie Złote oraz w ekstrudatach z ich udziałem.

Fig. 6. Content of pentosans in rye bran and flour (Dankowskie Złote variety) and in the extrudates with those ingredients added.

przedstawione w tej pracy potwierdzają te doniesienia, bowiem zawartość alkilorezorcynoli w chrupkach ze 100% otrąb zmniejszyła się 2–3 krotnie w odniesieniu do surowców, a najmniejszą zawartość tych związków oznaczono w ekstrudatach z 50-procentowym udziałem mąki żytniej lub takim samym udziałem kaszki kukurydzianej, ponieważ substancje te podczas przemiału ziarna zbóż w niewielkich ilościach przechodzą do mąki [14] (rys. 7).

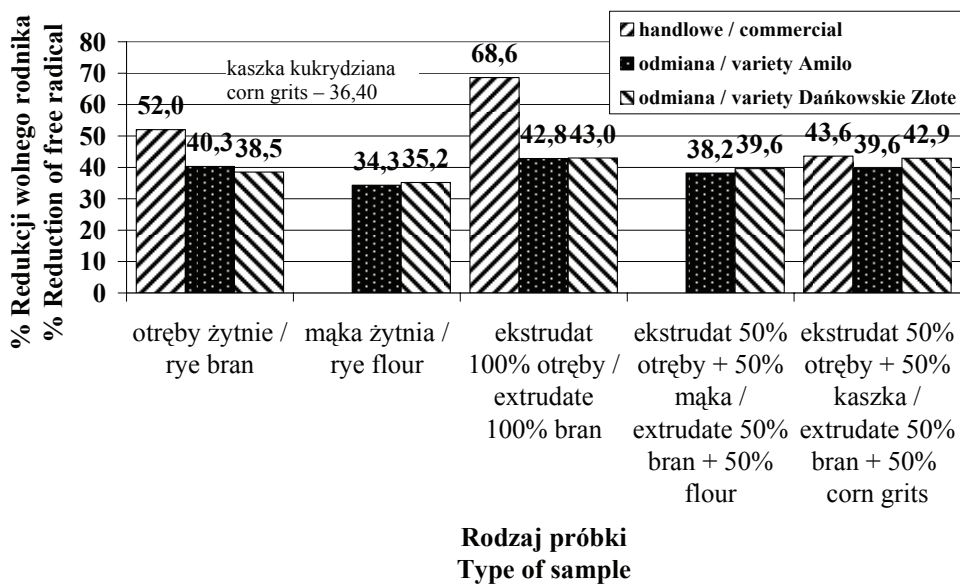


Rys. 7. Zawartość alkilorezorcynoli [µg] w 1 g suchej masy badanego materiału.

Fig. 7. Content of alkylresorcinols [g] in 1 g of dry matter of the material studied

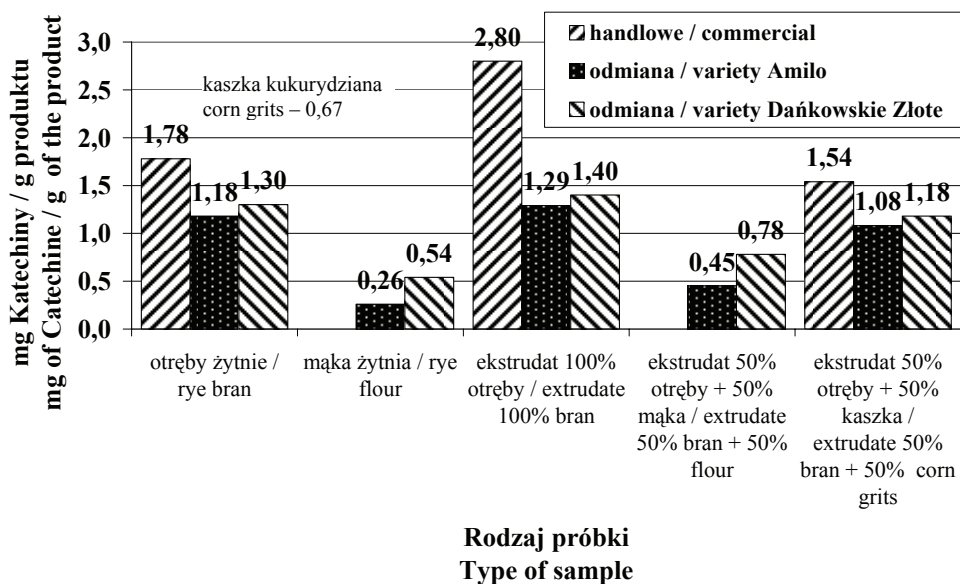
Ze względu na to, że podczas obróbki technologicznej przeciwutleniacze zawarte w surowcach spożywczych ulegają podobnym przemianom, jak i inne składniki, w przedstawionej pracy stosowane surowce oraz ekstrudaty poddano analizom oceniającym ich aktywność przeciwutleniającą oraz zawartość w nich polifenoli, jako głównych związków przeciwutleniających zawartych w pełnym ziarnie zbóż [2].

Jak wynika z danych zawartych na rys. 8 proces ekstruzji wpłynął korzystnie na zwiększenie zdolności do eliminowania wolnego, syntetycznego rodnika ABTS⁺, zwiększając procent jego redukcji przez ekstrakty sporządzone z badanych ekstrudatów. W przypadku ekstrudatów ze 100% otrąb żytnich handlowych aktywność przeciwutleniająca zwiększyła się o 32% w porównaniu z surowcem wyjściowym, a w przypadku chrupiek z otrąb pochodzących z przemiału laboratoryjnego, tj. żytnich odmiany



Rys. 8. Potencjał przeciwutleniający badanego materiału.

Fig. 8. Antioxidative potential of the material studied.



Rys. 9. Zawartość polifenoli w badanym materiale.

Fig. 9. Content of polyphenols in the material studied.

Dańkowskie Złote ok. 12%, a żytnich odmiany Amilo o ok. 6% (rys. 8). Potencjał przeciwutleniający kaszki kukurydzianej kształtował się na poziomie stosowanych mąk i był istotnie mniejszy w odniesieniu do otrąb, dlatego potencjał ten w przypadku wyrobów przekąskowych mieszanych był pośredni pomiędzy mąką/kaszka a otrębami.

Aktywność przeciwutleniająca badanych ekstrudatów w dużej mierze zależała od zawartości w nich związków fenolowych, bowiem oznaczono w nich wprost proporcjonalną ilość polifenoli do wykazanej zdolności redukcji wolnego rodnika ABTS⁺ (rys. 9). Wyniki tych badań potwierdzają wcześniejsze obserwacje Zielińskiego i wsp. [18], którzy stwierdzili, że po procesie ekstruzji surowców zbożowych zawartość kwasu ferulowego (dominującego w ziarniakach żyta) zwiększa się ok. 3-krotnie, podczas gdy zawartość pozostałych związków przeciwutleniających ulega gwałtownemu zmniejszeniu. Z tego względu wyroby przekąskowe sporządzone z surowców żytnich wykazują lepsze właściwości prozdrowotne w porównaniu z chrupkami pszennymi, w których dominuje kwas p-kumarowy, bowiem w większym stopniu mogą eliminować wolne rodniki zawarte w pożywieniu, a tym samym hamować rozwój np. chorób nowotworowych [17].

Wszystkie wyniki przedstawione w tej pracy potwierdzają pogląd, że zaawansowana technologia ekstrudowania, w połączeniu ze zmianami składników funkcjonalnych, umożliwiła powstanie nowej generacji artykułów zbożowych i snaków o właściwościach prozdrowotnych. Łączą one teksturę lekkich, kruchych produktów, z właściwościami zdrowotnymi produktów spożywczych, w których stosuje się włókno pokarmowe.

Wnioski

1. W badanych ekstrudatach stwierdzono dwukrotny wzrost zawartości rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego i rozpuszczalnej frakcji pentozanów, w porównaniu z użytymi surowcami.
2. Po procesie ekstruzji w chrupkach ze 100% otrąb żytnich oznaczono około dwukrotnie mniejszą zawartość alkilorezorcynoli, w porównaniu z surowymi otrębami. Natomiast ekstrudaty z 50-procentowym udziałem otrąb, uzupełnione kaszką lub mąką, zawierały około dwukrotnie mniej tych związków, w odniesieniu do chrupek z samych otrąb.
3. Proces ekstruzji spowodował wzrost aktywności przeciwutleniającej uzyskanych ekstrudatów, niezależnie od stosowanego surowca. Potencjał przeciwutleniający wyrobów przekąskowych z otrąb i mąk żytnich korelował dodatnio z zawartością związków fenolowych w tych chrupkach.

Praca była prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.

Literatura

- [1] AOAC 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists 15th Edition, Arlington, Virginia, USA.
- [2] Baublis A., Decker E.A., Clydesdale F.M.: Antioxidant effect of aqueous extracts from wheat based ready-to-eat breakfast cereals. *Food Chem.*, 2000, **68**, 1-6.
- [3] Gambuś H., Golachowski A., Bala-Piasek A., Nowotna A., Surówka A., Mikulec A., Bania M.: Ocena jakości ekstrudowanych chrupek z otrąb zbożowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **4 (25)**, 54-63.
- [4] Gąsiorowski H., Kączkowski J., Kołodziejczyk P.: Skład chemiczny żyta. W: *Żyto – chemia i technologia - pod red. H. Gąsiorowskiego*. PWRiL, Poznań 1994, s. 52-107.
- [5] Gubernator J., Stasiuk M., Kozubek A.: Dual effect of alkylresorcinols, natural amphiphilic compounds, upon liposomal permeability. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1999, **1418**, 253-260.
- [6] Hashimoto S., Shogren M.D., Bolte L.C., Pomeranz Y.: Cereal pentosans: their estimation and significance: I. Pentosans in wheat and milled wheat products. *Cereal Chem.*, 1987, **64**, 39-41.
- [7] Linko A.-M., Adlercreutz H.: Whole-grain rye and wheat alkylresorcinols are incorporated into human erythrocyte membranes. *Br. J. Nutr.*, 2005, **93**, 11-13.
- [8] Linko A.-M., Parikka K., Wähälä K., Adlercreutz H.: Gas chromatographic-mass spectrometric method for the determination of alkylresorcinols in human plasma. *Anal Biochem.*, 2002, **308**, 307-313.
- [9] Lorenz K., Al-Ruqaie I.: Alkylresorcinols in commercial and experimental extruded high fibre breakfast cereals. *Lebensm. Wiss.-Technol.*, 1992, **25**, 248-252.
- [10] Mielcarz M.: Żywieniowa i technologiczna wartość nieskrobiowej frakcji cukrów (NSP) jako jednego ze składników mąki. *Przeł. Zboż. Młyn.*, 2004, **48**, 7, 10-11.
- [11] Nowotna A., Gambuś H., Gambuś F., Matusz-Mirlak A., Ziobro R.: Quality and properties of rye bran supplemented crisps. Book of abstracts. 50 Years ICC – Jubilee Conference 1955-2005 “Cereals – the Future Challenge”, Vienna, Austria, 2005, July 3-6, p. 137.
- [12] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.*, 1999, **26**, 1231-1237.
- [13] Ross A.B., Kamal-Eldin A., Lundin E.A., Zhang J., Hallmans G., Åman P.: Cereal alkylresorcinols are absorbed by humans. *J. Nutr.*, 2003, **133**, 2222-2224.
- [14] Ross A.B., Shepherd M.J., Schüpphaus M., Sinclair V., Alfaro B., Kamal-Eldin A., Åman P.: Alkylresorcinols in cereals and cereal products. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 4111-4118.
- [15] Rzedzicki Z.: *Studia nad procesem ekstruzji roślinnych surowców białkowych*. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. AR, Lublin 1996.
- [16] Svain T., Hills W.E.: The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.*, 1959, **10**, 63-68.
- [17] Vecchia C.L., Chatenoud L., Negri E., Franceschi S.: Whole grain cereals and cancer in Italy. *Proc. Nutr. Soc.*, 2003, **62**, 45-49.
- [18] Zieliński H., Kozłowska H., Lewczuk B.: Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.*, 2001, **2**, 159-169.

**THE CONTENT OF SOME SELECTED PRO-HEALTH INGREDIENTS IN EXTRUDATES
CONTAINING RYE BRAN ADDED**

S u m m a r y

In this paper, there were compared the content of dietary fibre (including pentosans) and the content of biologically active compounds, i.e. polyphenols and alkylresorcinols, in rye bran, rye flour, corn grits, and in the extruded products, such as snacks, manufactured from these raw materials. It was proved that the manufactured extrudates contained a higher level of pro-health ingredients if compared with the raw materials, namely: the content of the soluble dietary fibre and pentosans was twice as high as in the raw materials; the content of alkylresorcinols was 2 to 3 times lower, and the antioxidative potential and content of polyphenols were significantly higher.

Key words: dietary fibre, alkylresorcinols, extruded snacks, polyphenols, antioxidizing activity ☒