

IWONA JASIŃSKA, PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ

ZIARNO ŻYTA JAKO POTENCJALNE ŹRÓDŁO SKŁADNIKÓW PROZDROWOTNYCH W DIECIE

Streszczenie

Ziarno żyta zawiera składniki chemiczne, które mają pozytywne znaczenie w żywieniu człowieka. Jest ono bogatym źródłem łatwo przyswajalnych białek, witamin i błonnika pokarmowego, zawiera także kwasy fenolowe (np. ferulowy, kawowy) oraz fitoestrogeny (np. secoisolariciresinol, matairesinol). Większość cennych, ze względów żywieniowych, składników ziarna żyta zlokalizowana jest w zewnętrznych jego tkankach, co sprawia, że w trakcie przemiału ziarna są one eliminowane.

W pracy scharakteryzowano międzyprodukty przemysłowego przemiału ziarna żyta pod względem zawartości substancji prozdrowotnych - pentozańców i β -glukanów ogółem. Określono także zawartość substancji mineralnych oraz białka ogółem i rozpuszczalnego w wodzie. Stwierdzono, że mąki pasażowe charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością pentozańców i β -glukanów. Wykazano, że frakcje mąki pochodzące z końcowych pasaży śrutowych i wymiałowych zawierały znacznie więcej tych składników niż mąki otrzymane w początkowych etapach przemiału oraz mąki handlowe. Na podstawie uzyskanych wyników wytypowano 5 frakcji mąki o szczególnie wysokiej koncentracji badanych składników błonnika pokarmowego. Frakcje te mogą stanowić wartościowy surowiec do produkcji żywności funkcjonalnej.

Słowa kluczowe: żyto, pentozańcy, β -glukany, błonnik pokarmowy

Wprowadzenie

Żyto i jego przetwory, zwłaszcza całościarne, mają miejsce w wielowiekowej tradycji żywienia ludzi. Ostatnie badania dostarczają nowych informacji na temat walorów żywieniowych i dietetycznych tych przetworów. Oprócz stosunkowo dużych ilości błonnika pokarmowego oraz łatwo przyswajalnych białek i witamin ziarno żyta zawiera także kwasy fenolowe (np. ferulowy i kawowy) oraz fitoestrogeny (np. secoisolariciresinol - SECO, matairesinol - MAT) [4, 7, 11, 16]. Szczególnie cennymi, pod względem żywieniowym, składnikami błonnika pokarmowego są pentozańcy, fruktany i β -glukany, a zwłaszcza ich frakcje rozpuszczalne w wodzie, które mają właściwości prozdrowotne [13, 14, 20]. Ostatnio wykazano, że przyczyniają się one do

obniżenia poziomu cholesterolu w surowicy krwi, a także wpływają na zmniejszenie ryzyka wystąpienia nowotworów przewodu pokarmowego oraz piersi [4, 10, 17, 18].

Kwasy fenolowe są związkami o charakterze przeciwutleniaczy [1, 15]. Fitoestrogeny natomiast stanowią roślinne prekursory lignanów zwierzęcych – enterodiolu i enterolaktonu, związków wykazujących słabą aktywność estrogenową. Aktywność biologiczna fitoestrogenów obejmuje m.in. właściwości przeciwnowotworowe, antyoksydacyjne i antybakteryjne, a także zdolność obniżania poziomu cholesterolu w surowicy krwi [3, 7, 11].

Duża część tych cennych składników ziarna żyta zlokalizowana jest w zewnętrznych jego tkankach (warstwa aleuronowa, okrywa owocowo-nasienna i zarodek) i stąd w trakcie przemiału ziarna większość z nich jest eliminowana. Uznano więc za celowe podjęcie badań nad możliwością otrzymania mąki żytniej o podwyższonej zawartości składników prozdrowotnych występujących w ziarnie żyta.

Materiał i metody badań

Do badań użyto międzyproduktów przemysłowego przemiału ziarna żyta otrzymanych z Przedsiębiorstwa Wielobranżowego "KOMPLEXMŁYN" w Wągrowcu.

Schemat przemiałowy ziarna żyta obejmował sześć pasażów śrutowych (I śr. - VI śr.) i cztery pasaży wymiłowe (1W - 4W). Analizom poddano także dwie żytnie mąki handlowe: typu 580 i 720 oraz mąkę z odsiewaczy kontrolnych (ODS). W badanych próbach oznaczano zawartość substancji mineralnych w postaci popiołu ogółem [9], białka ogółem i rozpuszczalnego w wodzie metodą Kjeldahla za pomocą zestawu Kjeltec System 1026 firmy Foss-Tecator. Przy przeliczaniu azotu ogólnego na białko zastosowano współczynnik 6,25 [19]. Zawartość pentozanów oznaczano metodą orcynową wg Hashimoto i wsp. [6], natomiast β -glukanów metodą enzymatyczną wg McCleary i Codda [12]. Wszystkie oznaczenia przeprowadzono co najmniej w 2 powtórzeniach.

Do oceny statystycznej otrzymanych wyników zastosowano analizę wariancji z klasyfikacją pojedynczą oraz test Duncana. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$.

Wyniki i dyskusja

Celem pierwszego etapu badań było wyodrębnienie spośród badanych prób tych frakcji mąki, które charakteryzują się podwyższoną zawartością pentozanów. W tab.1. przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości substancji mineralnych, białka ogółem oraz pentozanów w badanych produktach przemiału ziarna żyta. Wykazano, że mąki pasażowe charakteryzowały się zróżnicowaną ich zawartością, przy czym największe różnice dotyczyły substancji mineralnych, a najmniejsze białka. Pośrednie różnice

Tabela 1

Zawartość białka ogółem, popiołu ogółem i pentozanów w produktach przemiału ziarna żyta.
Protein, ash and pentosan contents in rye seed milling products.

| Rodzaj produktu Milling products | | Białko ogółem [% s.m.] Total protein [% d.m.] N x 6,25 | | Popiół ogółem [% s.m.] Total ash [% d.m.] | | Pentozany [% s.m.] Pentosans [% d.m.] | |
|-------------------------------------|---------------|--|-----|---|----|--|----|
| Mąki śrutowe Break flours | I sr. 1m | 5,0 | b | 0,42 | a | 4,04 | bc |
| | I sr. 2m | 4,5 | a | 0,42 | a | 3,75 | bc |
| | II sr. 1m | 7,1 | d | 0,67 | e | 4,46 | cd |
| | II sr. kaszka | 11,3 | no | 1,54 | p | 11,30 | m |
| | III sr. 1m | 8,4 | ghi | 0,93 | i | 4,72 | d |
| | III sr. 2m | 9,2 | j | 0,95 | i | 5,38 | ef |
| | III sr. 3m | 10,0 | kl | 0,94 | i | 5,17 | e |
| | IV sr. 2m | 9,8 | kl | 1,00 | j | 5,27 | ef |
| | IV sr. 3m | 8,9 | ij | 0,92 | i | 4,60 | d |
| | V sr. 1m | 10,9 | mno | 1,27 | m | 7,45 | i |
| | V sr. 2m | 11,9 | p | 1,46 | o | 8,61 | j |
| | V sr. 3m | 10,3 | łh | 1,14 | l | 6,50 | g |
| | VI sr. 1m | 8,1 | fgh | 0,94 | i | 3,25 | a |
| | VI sr. 2m | 11,4 | o | 1,32 | n | 6,66 | gh |
| Mąki wymiatowe Reduction flours | 1W 1m | 6,0 | c | 0,51 | c | 4,50 | cd |
| | 1W 2m | 6,0 | c | 0,50 | bc | 4,56 | d |
| | 1W 3m | 7,9 | efg | 0,61 | d | 9,42 | k |
| | 2W 1m | 7,5 | de | 0,59 | d | 7,30 | i |
| | 2W 2m | 8,4 | gh | 0,66 | e | 8,62 | j |
| | 2W 3m | 8,6 | hi | 0,80 | g | 9,61 | kl |
| | 3W 1m | 8,2 | gh | 0,74 | f | 5,60 | ef |
| | 3W 2m | 9,2 | j | 0,87 | h | 7,09 | hi |
| | 3W 3m | 10,6 | łm | 1,03 | jk | 10,00 | l |
| | 4W 1m | 9,7 | k | 1,03 | jk | 8,90 | j |
| | 4W 2m | 10,2 | klł | 1,06 | k | 9,93 | kl |
| | 4W 3m | 10,7 | łm | 1,18 | ł | 10,73 | ł |
| | ODS | 12,3 | p | 1,56 | p | 9,87 | kl |
| Typ mąki Type of flour | 580 | 5,3 | b | 0,47 | b | 4,39 | cd |
| | 720 | 7,6 | def | 0,74 | f | 5,67 | f |
| F obl. | | 197,4 | | 1440,5 | | 275,8 | |
| F kryt. | | 1,87 | | 1,87 | | 1,87 | |

wystąpiły w substancjach pentozanowych. Zawartość pentozanów we frakcjach pochodzących z końcowych pasaży wymiałowych (3W 3m i 4W 3m) była ponad 2,5-krotnie większa w porównaniu z mąkami otrzymanymi z pierwszego pasażu śrutowego oraz ponad 1,5 razy większa w porównaniu z mąkami z pierwszego pasażu wymiałowego. Ponadto frakcje te cechowały się także prawie 2-krotnie wyższą zawartością tych składników niż mąka handlowa typu 720. W Polsce ten typ mąki jest najszerzej stosowany do wyrobu pieczywa żytniego i mieszanego.

Na podstawie uzyskanych wyników do dalszych badań wybrano 10 spośród 27 mąk pasażowych, które charakteryzowały się najwyższą zawartością pentozanów. W przypadku frakcji pochodzących z pasaży śrutowych były to drugie mąki (2m), natomiast z pasaży wymiałowych - trzecie mąki (3m). Wyjątek stanowił I pasaż śrutowy, z którego pierwsza mąka (1m) zawierała nieznacznie więcej pentozanów (4,04% s.m.) niż druga mąka (2m) - 3,75% s.m. Różnica ta nie była jednak statystycznie istotna i dlatego do dalszych badań wzięto drugą mąkę. Analizom poddano także mąki handlowe typu 580 i 720, natomiast odrzucono mąkę z odsiewaczy kontrolnych ze względu na jej niską wartość technologiczną. W wytypowanych próbach oznaczono zawartość β -glukanów ogółem oraz białka rozpuszczalnego w wodzie (tab. 2). Analiza zawartości tych dwóch składników wykazała, że badane mąki pasażowe charakteryzowały się zróżnicowaną ich zawartością. Zawartość β -glukanów była najwyższa we frakcjach mąki z dwóch ostatnich pasaży wymiałowych (3W i 4W) - ponad 3,5-krotnie wyższa niż w mące z pierwszego pasażu śrutowego i ponad 2-krotnie wyższa w porównaniu z mąką handlową typu 720. Zawartość białka rozpuszczalnego w wodzie była natomiast najwyższa we frakcjach pochodzących zarówno z końcowych pasaży śrutowych (V śr. i VI śr.), jak i wymiałowych (3W i 4W) oraz w kaszce.

Przeprowadzone badania potwierdzają tezę o nierównomiernym rozmieszczeniu badanych składników w ziarnie żyta. Zewnętrzne części anatomiczne ziarna (okrywa owocowo-nasienna, warstwa aleuronowa oraz zewnętrzne tkanki bielma) zawierały zdecydowanie więcej substancji mineralnych niż tkanki pochodzące z głębiej położonych warstw bielma. Według danych literaturowych [4, 21], okrywa owocowo-nasienna wraz z warstwą komórek aleuronowych zawierają ponad 65% substancji mineralnych, wchodzących w skład całego ziarna żyta, podczas gdy bielmo ziarna zawiera około 25% tych substancji. Zawartość substancji mineralnych w badanych próbach zwiększała się w mąkach otrzymanych z kolejnych pasaży śrutowych (od 0,42 do 1,32% s.m.) i wymiałowych (od 0,51 do 1,18% s.m.). Wyższej zawartości substancji mineralnych w badanych produktach przemiału towarzyszyła wyższa zawartość białka oraz składników błonnika pokarmowego: pentozanów i β -glukanów. Ich ilość rosła w miarę zwiększania udziału zewnętrznych tkanek ziarna w poszczególnych frakcjach. Wskazują na to wysokie wartości współczynników korelacji liniowej między zawartością badanych składników chemicznych (tab. 3).

Zawartość białka rozpuszczalnego w wodzie i β -glukanów w wybranych produktach przemiału ziarna żyta.

Water soluble protein and β -glucans contents in rye seed milling products.

| Rodzaj produktu Milling products | | Białko rozpuszczalne [% s.m.] Water soluble protein [% d.m.] N x,25 | | β -glukany [% s.m.] β -glucans [% d.m.] | |
|---|--------------|---|----|--|---|
| Mąki śrutowe Break flour | I sr. 2m | 1,63 | a | 0,55 | a |
| | II sr.kaszka | 3,72 | f | 1,87 | f |
| | III sr. 2m | 2,90 | d | 0,86 | c |
| | IV sr. 2m | 3,14 | e | 0,93 | c |
| | V sr. 2m | 3,79 | f | 1,67 | e |
| | VI sr. 2m | 3,75 | f | 1,19 | d |
| Mąki wymiałowe Reduction flour | 1W 3m | 2,78 | cd | 1,72 | e |
| | 2W 3m | 2,69 | c | 1,28 | d |
| | 3W 3m | 3,73 | f | 2,06 | g |
| | 4W 3m | 3,85 | f | 1,99 | g |
| Typ mąki Type of flour | 580 | 1,78 | a | 0,68 | b |
| | 720 | 2,31 | b | 0,93 | c |
| F obl. | | 268,8 | | 260,1 | |
| F kryt. | | 2,72 | | 2,72 | |

Uzyskane wyniki (tab. 1 i 2) potwierdzają informacje literaturowe, że największa ilość składników błonnika pokarmowego występuje w okrywie owocowo-nasiennej i warstwie komórek aleuronowych, natomiast najmniejsza w wewnętrznych tkankach bielma. Są one głównie składnikami ścian komórkowych [2, 4, 5, 8, 13, 14, 20].

Na podstawie uzyskanych wyników wyodrębniono 5 produktów przemiału ziarna żyta: kaszka z II pasażu śrutowego, druga mąka z V pasażu śrutowego oraz trzecie mąki z 1, 3 oraz 4 pasażu wymiałowego, charakteryzujących się szczególnie wysoką koncentracją składników błonnika pokarmowego: pentozańców i β -glukanów do dalszych badań pod względem zawartości innych składników prozdrowotnych, m.in. fitoestrogenów i kwasów fenolowych. Z badań przeprowadzonych przez Nilssona i wsp. [16] wynika bowiem, że występuje istotna korelacja między zawartością błonnika pokarmowego a zawartością składników bioaktywnych – fitoestrogenów w ziarnie żyta (rys. 1). Istnieje zatem duże prawdopodobieństwo, że wytypowane frakcje będą charakteryzowały się również wysoką zawartością tych składników.

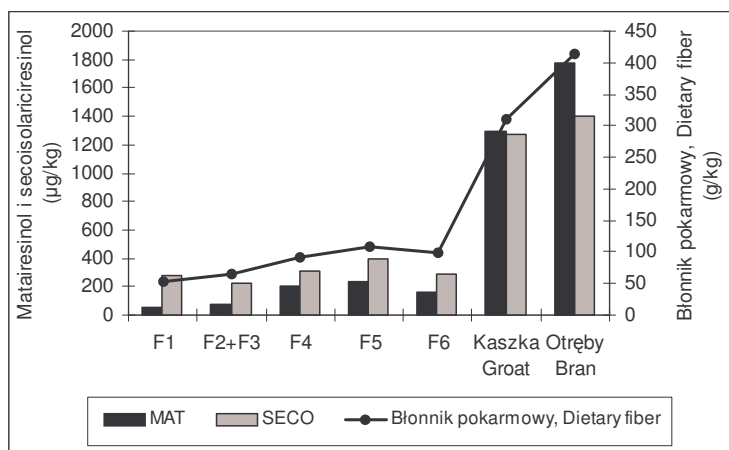
Wartości współczynników korelacji między zawartością analizowanych składników w badanych produktach przemiału ziarna żyta.

Coefficients of correlation between analyzed components of rye seed milling products.

| Składniki Components | Popiół ogółem Total ash | Białko Protein | Pentozany Pentosans | β-glukany β-glucans | Białko rozpuszczalne Soluble protein |
|---|-------------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|--|
| Popiół ogółem Total ash | x | - | - | - | - |
| Białko ogółem Total protein | 0,944** | x | - | - | - |
| Pentozany Pentosans | 0,578** | 0,649** | x | - | - |
| β-glukany β-glucans | 0,608* | 0,703* | 0,946** | x | - |
| Białko rozpuszczalne Soluble protein | 0,910** | 0,977** | 0,713** | 0,794** | x |

* Obliczone wartości współczynników korelacji są istotne przy $\alpha = 0,05$ / calculated values of coefficients of correlation are significant at $\alpha = 0,05$

** Obliczone wartości współczynników korelacji są istotne przy $\alpha = 0,01$ / calculated values of coefficients of correlation are significant at $\alpha = 0,01$



Rys. 1. Zawartość fitoestrogenów i błonnika pokarmowego w żytniej mące (F1-F6), kaszce i otrębach.

Fig 1. Phytoestrogens and dietary fiber content of rye flours (F1-F6), groat and bran.

Źródło: / Source: [16].

Wnioski

1. Mąki pasażowe z przemysłowego przemiału ziarna żyta charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością składników mineralnych, białka oraz składników błonnika pokarmowego: pentozańców i β -glukanów.
2. Frakcje mąki pochodzące z końcowych pasaży śrutowych i wymiałowych zawierały znacznie większe ilości pentozańców i β -glukanów w porównaniu z mąkami otrzymanymi w początkowych etapach przemiału. Charakteryzowały się one także znacznie wyższą zawartością tych składników niż mąka handlowa.
3. Zawartość wszystkich analizowanych składników w produktach przemiału ziarna żyta była istotnie wzajemnie skorelowana.

Mgr inż. I. Jasińska jest stypendystką w ramach Działania 2.6 Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego finansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej i z budżetu państwa.

Praca była finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Informatyzacji w ramach projektu 2 P06T 015 2.

Literatura

- [1] Andreasen M.F., Kroon P.A., Williamson G., Garcia-Kones M.T.: Intestinal release and uptake of phenolic antioxidant diferulic acids. *Free Radic. Biol. Med.* 2001, **3**, 304-314.
- [2] Bengtsson S., Andersson R., Westerlund E., Aman P.: Content, structure and viscosity of soluble arabinoxylans in rye grain from several countries. *J. Sci. Food Agric.*, 1992, **58**, **3**, 331-337.
- [3] Duncan A.M., Phipps W.R., Kurzer M.S.: Phyto-estrogens. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metabol.* 2003, **17**, 253-271,
- [4] Gąsiorowski H. (red): *Żyto: chemia i technologia*. PWRiL. Poznań 1994.
- [5] Härkönen H., Pessa E., Suortti T., Poutanen K.: Distribution and some properties of cell wall polysaccharides in rye milling fractions. *J. Cereal Sci.*, 1997, **26**, 95-104.
- [6] Hashimoto S., Shogren M.D., Pomeranz Y.: Cereal pentosans: their estimation and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products. *Cereal Chem.*, 1987, **64**, 30-34.
- [7] Heinonen S., Nurmi T., Liukkonen K., Poutanen K., Wahala K., Deyama T., Nishibe S., Adlercreutz H.: *In vitro* metabolism of plant lignans: New precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 3178-3186.
- [8] Henry R.J.: Pentosan and (1-3),(1-4)-beta-glucan concentrations in endosperm and whole grain of wheat, barley, oats and rye. *J. Cereal Sci.*, 1987, **6**, 253-258.
- [9] ICC-Standard Nr. 104 Aschebestimmung. Standard - Methoden für Getreide, Mehl und Brot, Detmold, Verl. Moritz Schäfer, 1971, pp. 46-48.
- [10] Leinonen K.S., Poutanen K.S., Mykkanen H.M.: Rye bread decreases serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. *J. Nutr.*, 2000, **130**, 164-170.
- [11] Mazur W., Adlercreutz H.: Overview of naturally occurring endocrine-active substances in the human diet in relation to human health. *Nutrition*, 2000, **16**, 654-687.
- [12] McCleary B.V., Codd R.: Measurement of (1-3)(1-4)- β -D-glucan in barley and oats: a streamlined enzymic procedure. *J. Sci. Food Agric.*, 1991, **55**, 303-312.
- [13] Michniewicz J., Gąsiorowski H.: Beta-glukany zbożowe i ich rola w przemyśle i żywieniu człowieka. *Post. Nauk Roln.*, 1994, **1**, (247), 41-49.

- [14] Michniewicz J.: Pentozany w technologii zbóż. Roczn. AR w Poznaniu, z. 261, Wyd. AR, Poznań 1995.
- [15] Miller H. E., Rigelhof F., Marquart L., Prakash A., Kanter M.: Whole-grain products and antioxidants. Cereal Foods World, 2000, **2**, (45), 59-63.
- [16] Nilsson M., Aman P., Harkonen H., Hallmans G., Knudsen K.E.B., Mazur W., Adlercreutz H.: Content of nutrients and lignans in roller milled fractions of rye. J. Sci. Food Agric., 1997, **73**, 143-148.
- [17] Pietinen P., Stumpf K., Mannisto S., Kataja V., Uusitupa M., Adlercreutz H.: Serum enterolactone and risk of breast cancer. Cancer Epidemiol. Biomark. Prevent., 2001, **10**, 339-344.
- [18] Slavin J. L., Jacobs D., Marquart L., Wiemer K.: The role of whole grains in disease prevention. J. Amer. Dietet. Assoc., 2001, **7**, (101), 780-785.
- [19] Standard – Methoden für Getreide, Mehl und Brot. 5. Aufl., Verl. Moritz Schäfer, Detmold, 1971, 138.
- [20] Vinkx C.J.A., Delcour J.A.: Rye (*Secale cereale* L.) arabinoxylans: a critical review. J. Cereal Sci., 1996, **24**, 1-14.
- [21] Weipert D.: Mahlverhalten von Roggen und Trockenseparierung starke – und quellstoffreicher Mahlprodukte als Ausgangsrohstoffe. Die Muhle 1998, **135**, 209-213.

RYE SEED AS A POTENTIAL SOURCE OF PRO-HEALTH COMPOUNDS IN DIET

S u m m a r y

Rye seed contains a several chemical components, which could have exerted positive effect on nutrition. It is a rich source of easy digestible proteins, vitamins and dietary fiber. It contains also phenolic acids (e.g. ferulic acid, hydroxycinnamic acid) and phytoestrogens (e.g. secoisolariciresinol, matairesinol). Most of these components are located in outer layers of kernel and in germ, which cause that they are removed during milling process. In this paper pentosans, β -glucans as well as ash, protein and water-soluble protein contents in passage milling flours were determined. The results showed that passage rye flours have a variable content of pentosans and β -glucans. Flours obtained from final break and reducing passages of milling process contained considerably higher amount of pentosans and β -glucans than the flours obtains from initial stages of milling process. These results led us to select five rye milling products which have especially high concentration components of dietary fiber, which might be a valuable, raw material to production functional food.

Key words: rye, pentosans, β -glucans, dietary fiber ☒