

DOROTA GUMUL, JAROSŁAW KORUS, BOHDAN ACHREMOWICZ

**PARAMETRY PROCESU EKSTRUZJI A ZAWARTOŚĆ
POLISACHARYDÓW NIESKROBIOWYCH ORAZ AKTYWNOŚĆ
PRZECIWUTLENIAJĄCA OTRĄB ŻYTNICH**

Streszczenie

Ekstruzja jest procesem, w wyniku którego zwiększa się w surowcu zbożowym ilość frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego, działającego hipocholesterolemicznie i hipoglikemicznie na organizm człowieka. Można zatem powiedzieć, że zboża po ekstruzji zyskują dodatkową wartość prozdrowotną. Materiałem do badań były ekstrudaty z otrąb trzech odmian żyta: Amilo, Rostockie i Agrikolo, w których oznaczono zawartość: rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, włókna pokarmowego ogółem, pentozanów rozpuszczalnych, nierozpuszczalnych i całkowitych oraz aktywność przeciwutleniającą (przy użyciu ABTS) ekstraktów metanolowo-acetonowych otrzymanych z tych ekstrudatów. Stwierdzono, że zastosowane parametry procesu ekstruzji: 14% wilgotności materiału wyjściowego oraz temp. 120 i 180°C przyczyniły się do zwiększenia zawartości: frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego, pentozanów rozpuszczalnych i aktywności przeciwutleniającej ekstrudatów z otrąb żytnich.

Słowa kluczowe: żyto, otręby, włókno pokarmowe, pentozany, aktywność przeciwutleniająca

Wprowadzenie

Ziarna roślin zbożowych są nie tylko głównym źródłem węglowodanów złożonych, czyli skrobi, ale zawierają również znaczne ilości polisacharydów nieskrobiowych (NSP), do których zalicza się błonnik pokarmowy [11]. Zarówno błonnik pokarmowy, jak i pentozany często określa się mianem naturalnych substancji nieodżywczych (NSN) spełniających funkcje profilaktyczne i prozdrowotne [10].

Spośród zbóż na szczególną uwagę zasługuje żyto. W porównaniu z ziarnem pszenicy ziarniaki żyta charakteryzują się większą zawartością: frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego, w tym pentozanów rozpuszczalnych, składników mineralnych (Ca, Fe, J, F), lizyny, czyli tzw. aminokwasu ograniczającego oraz kwasu oleinowego należącego do NNKT. Ponadto ziarno żyta jest bogatym źródłem witamin z grup B i E [7].

Ponad 95% światowej produkcji żyta przypada na Europę, stąd można go nazwać „zbożem europejskim” [17], a ilość produkowanego żyta na jednego mieszkańca klasyfikuje Polskę na pierwszym miejscu w świecie. Jednak u największego producenta ziarna żyta prawie nie ma chleba żytniego, bowiem około 85% pieczywa rynkowego to chleb mieszany (pszenno-żytni), a istniejące nadwyżki tego zboża zużywa się na paszę [7]. Tymczasem według współczesnej wiedzy żyto jest doskonałym surowcem do produkcji żywności funkcjonalnej [5, 9, 11].

Wdrożenie techniki ekstruzji w ostatnich latach spowodowało wzrost ilości produktów typu przekąskowego oraz zbożowej „galanterii śniadaniowej”, które w innych krajach są ogromnie popularne ze względu na walory smakowe, a nade wszystko dietetyczne. Podczas procesu ekstruzji zbóż proporcja między rozpuszczalną frakcją błonnika pokarmowego a frakcją nierozpuszczalną zmienia się na korzyść pierwszej frakcji, dzięki temu wyroby ekstrudowane zyskują dodatkową wartość profilaktyczną i dietetyczną [12]. Jest to niezmiernie ważne, ponieważ produkty zbożowe w żywieniu człowieka są podstawowym źródłem niezbędnych składników odżywczych oraz związków nieodżywczych, których spożycie zapobiega rozwojowi chorób cywilizacyjnych [1, 15].

Celem badań było określenie zawartości rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego i włókna ogółem oraz pentozanów rozpuszczalnych, nierozpuszczalnych i całkowitych w ekstrudatach z otrąb żytnich, sporządzonych przy różnych parametrach tego procesu oraz określenie aktywności przeciwutleniającej finalnego wyrobu.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były ekstrudaty z otrąb trzech odmian żyta. Otręby uzyskano z laboratoryjnego przemiału trzech odmian żyta: Amilo, Rostockie i Agrikolo, które następnie poddawano procesowi ekstruzji przy wilgotności: 14 i 20%, zastosowano dwa profile temperaturowe: 80/100/120°C i 120/160/180°C. Ekstruzji dokonano w jednoślindakowym ekstruderze typu 20DN firmy Brabender, stosując następujące parametry: obroty ślimaka –190 obr./min, średnica dyszy – 3 mm, sprężenie ślimaka 3:1 i dwa wyżej wymienione profile temperaturowe.

W badanych próbkach ekstrudatów (100% otrąb) sporządzonych z otrąb trzech odmian żyta oznaczano:

- zawartość rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego i włókno pokarmowe ogółem metodą enzymatyczno-wagową [2],
- zawartość pentozanów rozpuszczalnych, nierozpuszczalnych i całkowitych metodą Hashimoto i wsp. [8],
- aktywność przeciwutleniającą ekstraktów metanolowo-acetonowych otrzymanych z ekstrudatów przy zastosowaniu syntetycznego rodnika ABTS, według metody Re i wsp. [13].

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono zawartość frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej włókna pokarmowego oraz włókna pokarmowego ogółem w ekstrudatach z otrąb żytnich i materiale wyjściowym, który stanowiły otręby trzech odmian żyta.

Tabela 1

Zawartość frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej włókna pokarmowego oraz włókna pokarmowego ogółem w ekstrudatach otrzymanych z otrąb żytnich.

Content of soluble and insoluble fraction of dietary fibre and of the total dietary fibre in rye bran extrudates.

Rodzaj ekstrudatu Type of extrudates	Zawartość frakcji nierozpuszczalnej włókna pokarmowego Content of insoluble fraction of dietary fibre [%]	Zawartość frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego Content of soluble fraction of dietary fibre [%]	Zawartość włókna pokarmowego ogółem Content of total dietary fibre [%]
OA*	21,53 f**	3,90 a	25,43 cd
OA14/120*	20,28 de	5,03 c	25,31 cd
OA14/180	19,43 cd	5,43 cd	24,65 c
OA20/120	20,56 ef	5,22 cd	25,99 cd
OA20/180	20,76 ef	4,92 bc	25,68 d
OR*	20,43 e	3,67 a	24,10 c
OR14/120	17,47 a	5,41 cd	22,65 b
OR14/180	17,29 a	5,96 d	23,25 bc
OR20/120	17,76 ab	5,18 cd	23,17 b
OR20/180	18,12 ab	5,22 cd	23,34 bc
OEA*	20,57 ef	3,64 a	24,21 c
OEA14/120	17,95 ab	4,26 b	22,21 ab
OEA14/180	18,11 ab	3,62 a	21,63 ab
OEA20/120	18,72 bc	4,02 ab	22,74 b
OEA20/180	18,27 ab	3,89 ab	20,13 a

*OA14/120 - ekstrudat z otrąb żytnich odmiany Amilo, otrzymany z materiału wyjściowego o wilgotności 14%, w temp. 120°C, analogicznie pozostałe skróty, OA – otręby z żyta odmiany Amilo, OR – otręby z żyta odmiany Rostockie, OEA – otręby z żyta odmiany Agrikolo.

OA14/120 - rye bran extrudate of the Amilo variety obtained from a raw material of 14% of moisture, at 120°C; other abbreviations are similar; OA – rye bran of the Amilo variety; OR – rye bran of the Rostockie variety; OEA – rye bran of the Agrikolo variety.

**Różne litery oznaczają wartości średnie różniące się statystycznie istotnie między sobą (test Duncana, przy poziomie istotności $p = 0,05$).

Different letters denote mean values differing statistically significantly among themselves (Duncan test, at a significance level of $p = 0.05$).

Stwierdzono, że zawartość frakcji rozpuszczalnej w otrębach wzrosła w zakresie od 7 do 47% po procesie ekstruzji, w odniesieniu do materiału nieprzetworzonego. W ekstrudatach z otrąb żytnich odmiany Amilo i Rostockie największy wzrost tej frakcji

włókna pokarmowego nastąpił przy 14% wilgotności materiału wyjściowego i zastosowaniu temp. procesu hydrotermicznego: 120 i 180°C. Wyjątek pod tym względem stanowiły ekstrudaty sporządzone z otrąb żyta odmiany Agrikolo, bowiem przy zastosowaniu parametrów procesu ekstruzji: 14% wilgotności i temp. 180°C, ilość frakcji rozpuszczalnej okazała się mała i równa zawartości tej frakcji w materiale wyjściowym (tab. 1). Natomiast ilość frakcji nierozpuszczalnej włókna pokarmowego zmniejszyła się w granicach od 5 do 15% we wszystkich analizowanych ekstrudatach z otrąb żytnich w stosunku do materiału wyjściowego, niezależnie od odmiany żyta. Największe zmniejszenie zawartości frakcji nierozpuszczalnej w analizowanych ekstrudatach zaobserwowano przy zastosowaniu parametrów ekstruzji: 14% wilgotności materiału wyjściowego i temp. 120 i 180°C (tab. 1). Te parametry spowodowały największy wzrost frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego, która tworzy się z frakcji nierozpuszczalnej [6]. Fakt ten można tłumaczyć rozerwaniem podczas ekstruzji wiązań kowalencyjnych i niekowalencyjnych w węglowodanach, co prowadzi do powstania mniejszych i bardziej rozpuszczalnych fragmentów tych węglowodanów [16]. Ponadto efektem ekstruzji było zmniejszenie zawartości włókna pokarmowego ogółem w badanych próbkach ekstrudatów, w stosunku do otrąb trzech odmian żyta. Należy podkreślić, że największą zawartością rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego o znaczeniu profilaktycznym i prozdrowotnym charakteryzowały się ekstrudaty z otrąb żyta odmiany Amilo i Rostockie, w przeciwieństwie do ekstrudatów otrzymanych z otrąb odmiany Agrikolo. Natomiast najmniejszą zawartość frakcji nierozpuszczalnej i ogólnej włókna pokarmowego oznaczono w ekstrudatach z otrąb dwóch odmian żyta - Rostockie i Agrikolo.

Głównym składnikiem włókna pokarmowego w ziarnie żyta są pentozany, których spożycie jest ujemnie skorelowane z umieralnością z powodu raka okrężnicy, natomiast zależności między umieralnością z powodu raka okrężnicy i spożyciem włókna ogółem nie są statystycznie istotne [5]. W związku z tym na pentozany zwrócono szczególną uwagę w niniejszej pracy.

Zawartość pentozanów całkowitych i nierozpuszczalnych zmniejszyła się w analizowanych próbkach ekstrudatów w odniesieniu do materiału wyjściowego, w przeciwieństwie do frakcji rozpuszczalnej tego składnika, której ilość półtorakrotnie wzrosła we wszystkich przypadkach (tab. 2).

Ilość pentozanów rozpuszczalnych była większa w ekstrudatach sporządzonych z otrąb o wilgotności 14%, a nawilżenie materiału wyjściowego do 20% powodowało mniejszy przyrost zawartości tego składnika po ekstruzji. We wszystkich badanych ekstrudatach zawartość pentozanów rozpuszczalnych zwiększała się wraz ze wzrostem temperatury ekstruzji za wyjątkiem ekstrudatu z otrąb z żyta odmiany Rostockie, otrzymanego przy parametrach procesu hydrotermicznego: 14% wilgotności i temp. 180°C (tab. 2). Najmniejszą zawartość frakcji rozpuszczalnej pentozanów stwierdzono

Zawartość pentozań rozpuszczalnych, nierozpuszczalnych i całkowitych w ekstrudatach otrzymanych z otrąb żytnich.

Content of soluble and insoluble pentosans and of total pentosans in rye bran extrudates.

Rodzaj ekstrudatu Type of extrudates	Zawartość pentozań rozpuszczalnych Content of soluble pentosans [%]	Zawartość pentozań nierozpuszczalnych Content of insoluble pentosans [%]	Zawartość pentozań całkowitych Content of total pentosans [%]
OA*	3,34 a**	7,30 e	10,65 g
OA 14/120*	4,62 e	5,50 c	10,12 f
OA 14/180	6,29 i	3,43 a	9,72 de
OA 20/120	3,70 c	6,47 d	10,17 f
OA 20/180	4,57 e	6,33 cd	10,91 h
OR*	3,52 b	6,25 d	9,76 e
OR 14/120	5,68 h	3,93 ab	9,62 cd
OR 14/180	4,94 f	4,35 b	9,29 b
OR 20/120	4,06 d	5,48 c	9,53 c
OR 20/180	4,87 f	3,70 ab	8,57 a
OEA*	3,51 b	6,66 d	10,18 f
OEA 14/120	5,00 f	4,53 b	9,54 c
OEA 14/180	5,39 g	4,38 b	9,77 e
OEA 20/120	3,83 c	6,30 cd	10,13 f
OEA 20/180	4,57 e	5,19 c	9,77 e

*OA14/120- ekstrudat z otrąb żytnich odmiany Amilo, otrzymany z materiału wyjściowego o wilgotności 14% w temp. 120°C, analogicznie pozostałe skróty, OA – otręby z żyta odmiany Amilo, OR – otręby z żyta odmiany Rostockie, OEA – otręby z żyta odmiany Agrikolo.

OA14/120- rye bran extrudate of the Amilo variety obtained from a raw material of 14% of moisture at 120°C; other abbreviations are similar; OA – rye bran of the Amilo variety; OR – rye bran of the Rostockie variety; OEA – rye bran of the Agrikolo variety.

**Różne litery oznaczają wartości średnie różniące się statystycznie istotnie między sobą (test Duncana, przy poziomie istotności $p = 0,05$).

Different letters denote mean values differing statistically significant among themselves (Duncan test, at a significance level of $p = 0.05$).

w ekstrudatach otrzymanych z surowca wyjściowego o największej wilgotności (20%) i niskiej temperaturze ekstruzji (120°C). Można więc przypuszczać, że takie warunki ekstruzji nie są korzystne z uwagi na zmniejszanie się tej frakcji pentozań, która pełni funkcje prozdrowotne i profilaktyczne. W związku z tym, aby otrzymać ekstrudaty żytnie o charakterze żywności profilaktycznej należy stosować otręby o wyjściowej wilgotności około 14% oraz temp. 120 i 180°C. Zawartość pentozań nierozpuszczalnych gwałtownie zmniejszyła się zwłaszcza w ekstrudatach

otrzymanych z materiału wyjściowego o wilgotności 14%, co było najprawdopodobniej związane z sukcesywnym wzrostem tworzących się ich kosztem pentozańców rozpuszczalnych. Zawartość pentozańców nierozpuszczalnych zmniejszyła się w otrębach w zakresie od 1 do 50% po procesie ekstruzji w stosunku do materiału nieprzetworzonego. Temperatura ekstruzji wpłynęła na znaczne zmniejszenie zawartości pentozańców nierozpuszczalnych w temp. 180°C w porównaniu z temp. 120°C, za wyjątkiem ekstrudatu z otręb z żyta odmiany Rostockie sporządzonego przy wilgotności 14% materiału wyjściowego i w temp. 180°C (tab. 2). Zawartość pentozańców całkowitych po procesie ekstruzji zmniejszyła się nieznacznie lub pozostała na stałym poziomie w porównaniu z materiałem wyjściowym, który stanowiły otręby trzech odmian żyta. Zarówno wilgotność materiału wyjściowego, jak i temperatura nie wpłynęły w sposób jednoznaczny na zawartość pentozańców całkowitych we wszystkich badanych ekstrudatach (tab. 2).

Można zatem powiedzieć, że wyniki prezentowane w tej pracy, dotyczące przyrostu frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego i pentozańców rozpuszczalnych w ekstrudatach z otręb żytnich sporządzonych zwłaszcza przy parametrach procesu ekstruzji: 14% wilgotności i temp. 120 i 180°C, są zgodne z wynikami badań innych autorów [6, 14].

Stwierdzono, że proces ekstruzji włókna pokarmowego (w tym pentozańców) może zmienić nie tylko proporcje pomiędzy frakcją rozpuszczalną a nierozpuszczalną włókna, ale także jego zdolności oddziaływania na przewód pokarmowy. Zmniejszenie się ilości frakcji nierozpuszczalnej pogarsza właściwości balastotwórcze i zdolności oddziaływania na perystaltykę jelit, przy jednoczesnym wzroście frakcji rozpuszczalnej działającej prozdrowotnie na organizm człowieka i chroniącej go przed tzw. „chorobami cywilizacyjnymi” [3, 4, 14, 16]. Ponadto według wielu autorów [4, 12, 16] proces ekstruzji nadaje materiałowi roślinnemu dodatkową wartość dietetyczną i profilaktyczną, co zostało potwierdzone w tej pracy, bowiem zawartość frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego i pentozańców rozpuszczalnych w ekstrudowanym materiale była zdecydowanie większa niż w materiale nieprzetworzonym (tab. 1 i 2).

Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów metanolowo-acetonowych otrzymanych z ekstrudatów z otręb trzech odmian żyta: Amilo, Rostockie i Ekoagro określono metodą TEAC przy zastosowaniu wolnego rodnika ABTS^{•+} (tab. 3).

Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów sporządzonych z ekstrudatów z otręb żytnich odmiany Amilo i Agrikolo wzrosła przy parametrach ekstruzji 14% wilgotności i temp. 180°C, w przeciwieństwie do pozostałych parametrów, przy których ta aktywność obniżyła się lub nie uległa zmianie (tab. 3). Potencjał przeciw-

Aktywność przeciwutleniająca ekstrudatów otrzymanych z otrąb żytnich oznaczona przy zastosowaniu wolnego rodnika ABTS.

Antioxidant activity of the rye bran extrudates determined using a free radical ABTS.

Rodzaj ekstrudatu Type of extrudates	TEAC [mg Trolox/g próbki]
OA*	4,05 bc**
OA14/120*	4,02 bc
OA14/180	4,20 cd
OA20/120	3,73 b
OA20/180	4,05 bc
OR*	4,70 ef
OR14/120	5,94 h
OR14/180	5,64 h
OR20/120	3,75 ab
OR20/180	4,94 fg
OEA*	5,25 g
OEA14/120	5,10 g
OEA14/180	6,47 i
OEA20/120	3,47 a
OEA20/180	4,50 de

*OA14/120 - ekstrudat z otrąb żytnich odmiany Amilo, otrzymany z materiału wyjściowego o wilgotności 14% w temp. 120°C, analogicznie pozostałe skróty, OA - otręby z żyta odmiany Amilo, OR - otręby z żyta odmiany Rostockie, OEA - otręby z żyta odmiany Agrikolo.

OA14/120 - rye bran extrudate of the Amilo variety obtained from a raw material of 14% of moisture at 120°C; other abbreviations are similar; OA - rye bran of the Amilo variety, OR - rye bran of the Rostockie variety, OEA - rye bran of the Agrikolo variety.

**Różne litery oznaczają wartości średnie różniące się statystycznie istotnie między sobą (test Duncana, przy poziomie istotności $p = 0,05$).

Different letters denote mean values differing statistically significant among themselves (Duncan test, at a significance level of $p = 0.05$).

utleniający ekstrudatów otrzymanych z otrąb żyta odmiany Rostockie zwiększył się przy parametrach procesu hydrotermicznego: 14% wilgotności i temp. 120°C, 180°C oraz 20% wilgotności i temp. 180°C (tab. 3).

Stwierdzono, że najniższą aktywność przeciwutleniającą wykazały ekstrudaty przy zastosowaniu parametrów ekstruzji 20% wilgotności i temp. 120°C, a przy parametrach 14% wilgotności i 120°C następowała stabilizacja potencjału przeciwutleniającego tego materiału roślinnego. Natomiast parametry: 14% wilgotności i temp. 180°C spowodowały wzrost aktywności przeciwutleniającej ekstrudatów. Wśród wszystkich próbek ekstrudatów największą aktywność przeciwutleniającą wykazały ekstrudaty z otrąb ziarna żyta odmiany Rostockie i Agrikolo, w przeciwieństwie do odmiany Amilo (tab. 3).

Reasumując, stwierdzono, że przy odpowiednim doborze parametrów procesu ekstruzji można zwiększyć zawartość rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, w tym pentozanów rozpuszczalnych, oraz aktywność przeciwutleniającą otrąb żytnich.

Wnioski

1. Efektem procesu ekstruzji otrąb żytnich był wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego, przy zastosowaniu parametrów tego procesu: 14% wilgotności materiału wyjściowego oraz temp. 120 i 180°C .
2. Zastosowanie parametrów procesu ekstruzji: małej wilgotności materiału wyjściowego (14%) i wysokiej temperatury tego procesu (180°C) wpłynęło na największy wzrost zawartości pentozanów rozpuszczalnych w ekstrudatach, które pełnią funkcje prozdrowotne i profilaktyczne.
3. Stwierdzono korzystny wpływ 14% wilgotności materiału wyjściowego oraz niskiej (120°C) i wysokiej temperatury (180°C) na potencjał przeciwutleniający ekstrudatów z otrąb żytnich, przy czym wśród wszystkich badanych próbek największą aktywność przeciwutleniającą wykazały ekstrudaty z otrąb z żyta odmiany Rostockie i Ekoagro.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki w latach 2004 – 2006 jako projekt badawczy zamawiany – grant KBN nr PBZ-KBN-094/P06/2003/29.

Literatura

- [1] Anderson J.W.: Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. Proc. Nutr. Soc., 2003, **62**, 135-142.
- [2] AOAC. Official Methods Analysis 16th Edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington VA. 1995.
- [3] Asp N. G., Björck I.: The effect of extrusion cooking on nutrition value. Thermal Processing and Quality of Food. Elsevier Applied publisher, London 1984.
- [4] Asp N. G., Björck I.: Nutritional properties of extruded food. Extrusion Cooking. AACC, Inc. St. Paul, Minesota, USA, 1989, p. 399.
- [5] Bartnikowska E., Piesiewicz H.: Rola produktów zbożowych w profilaktyce chorób nowotworowych. Przegl. Piek. Cuk., 1999, **7**, 2-3.
- [6] Fornal Ł., Wiaż A., Bakowska B. : Przemiany spolimeryzowanych węglowodanów w czasie ekstruzji. Acta Academiae Agriculture AC Technicae Olstenensis Technol. Alim., 1993, **25**, 125.
- [7] Gąsiorowski H.: Żyto – dawne i nowe możliwości jego wykorzystania. Przegl. Zboż. Młyn., 1998, **4**, 2-4.
- [8] Hashimoto S., Shogren M.D., Pomeranz Y.: Cereal pentosans: Their estimation and significance. Pentosans in wheat and milled wheat products. Cereal Chem. 1987, **64** (1), 30 - 34.
- [9] Heiniö R. L., Katina K., Wilhelmson A., Myllymäki O., Rejamäki T., Latva-Kala K., Liukkonen K., Poutanen K.: Relationship between sensory perception and flavour-active volatile compounds of germinated sourdough fermented and native rye following the extrusion process. Lebensm-Wiss u Technol. 2003, **36**, 533-545.
- [10] Kozłowska H., Troszyńska A.: Rola naturalnych substancji nieodżywczych pochodzenia roślinnego jako składników żywności funkcjonalnej. Żywność. Technologia. Jakość, 1999, **4** (21), 63-73.

- [11] Mielcarz M.: Żywieniowa i technologiczna wartość nieskrobiowej frakcji cukrów (NSP) jako jednego ze składników mąki. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2004, **7**, 10-11.
- [12] Mościcki L.: Zmiana właściwości fizykochemicznych surowców roślinnych poddawanych procesowi ekstruzji (Cz. 1. Fizykochemiczne zmiany ekstrudatów). *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2002, **6**, 27-29.
- [13] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 1999, **26**, 1231-1237.
- [14] Schweizer T.F., Reimann S.: Influence on drum drying and twin screw extrusion cooking on wheat carbohydrates. I. A comparison between wheat starch and flours of different extractions. *J. Cereal Sci.*, 1986, **4**, 193-198
- [15] Vecchia C.L., Chatenoud L., Negri E., Franceschi S.: Whole grain cereals and cancer in Italy. *Proc. Nutr. Soc.*, 2003, **62**, 45-49.
- [16] Wang W. M., Klopfenstein C.F. Ponte J.G.: Effect of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fibre and other components of whole wheat bran and on the baking quality the wheat bran. *Cereal Chem.*, 1993, **70**, **6**, 707-711.
- [17] Zawadzki K.: Żyto - europejskie zboże wymagające wsparcia. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2002, **10**, 26-27.

PARAMETERS OF THE EXTRUSION PROCESS AND THE CONTENT OF NON-STARCH POLYSACCHARIDES AND THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF RYE BRAN

S u m m a r y

Extrusion is a process during which the content of soluble fraction of a dietary fibre increases; this dietary fibre has a hypocholesterolemic and hypoglycemic effect on the human organism. Therefore, the statement that cereals win an additional health promoting quality after having been extruded is correct. The materials used in this study were rye bran extrudates of three varieties of rye: Amilo, Rostockie, and Agrikolo. In the samples investigated, the following parameters were determined: soluble and insoluble fractions of dietary fibre, total fibre content, soluble and insoluble pentosans, total pentosans, and antioxidant activity of methanol-acetone extracts obtained from these extrudates; the antioxidant activity was determined using ABTS. It was stated that the following extrusion parameters applied: moisture of 14% of the initial original material, and temperatures of 120 and 180°C, attributed to the increase in the content of the soluble fraction of dietary fibre, soluble pentosans, as well as to the higher antioxidative activity of rye bran extrudates.

Keywords: rye, bran, dietary fibre, pentosans, antioxidant activity 