

ZBIGNIEW RZEDZICKI, PIOTR ZARZYCKI

## WPLYW EKSTRUZJI DWUŚLIMAKOWEJ MIESZANEK Z UDZIAŁEM RAZÓWKI OWSIANEJ NA SKŁAD FRAKCYJNY BŁONNIKA POKARMOWEGO

### Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości zastosowania komponentów wysokobłonnikowych, takich jak razówka owsiana, otręby pszenne oraz okrywa nasienna grochu do produkcji wysokobłonnikowych zbóż śniadaniowych. W badaniach użyto ekstrudera dwuślimakowego przeciwbieżnego; stosując profil rozkładu temperatury cylindra 120/150/180/180/130°C, obroty ślimaków 72 obr·min<sup>-1</sup>, średnicę matrycy 2x5 mm oraz wilgotność surowca 14 i 22%. Badano wpływ udziału poszczególnych komponentów błonnikowych oraz wilgotności mieszanki na przemiany chemiczne ekstrudatów, ze szczególnym uwzględnieniem polisacharydów nieskrobiowych. Wprowadzając do mieszanek z kaszką kukurydzianą komponenty błonnikowe uzyskano ekstrudaty o podwyższonej zawartości błonnika pokarmowego oraz białka. Proces ekstruzji wpłynął destrukcyjnie na polisacharydy nieskrobiowe. Stwierdzono zmniejszenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) i jego frakcji nierozpuszczalnej (IDF) przy jednoczesnym podwyższeniu zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF). Wielkość zmian była uzależniona od składu mieszanki oraz wilgotności surowca. Wykazano także zmniejszenie zawartości białka w ekstrudacie w porównaniu z surowcem, jak również znaczne obniżenie zawartości tłuszczu wolnego.

**Słowa kluczowe:** ekstruzja, błonnik pokarmowy, owies, otręby pszenne, okrywa nasienna grochu

### Wprowadzenie

Zmiany nawyków żywieniowych wielu społeczeństw łączy się z nasileniem występowania chorób cywilizacyjnych (choroby układu krążenia, otyłość, cukrzyca typu II, nowotwory). W krajach rozwiniętej Północy choroby układu krążenia i choroby nowotworowe są przyczyną ponad 80% zgonów [14]. Niezwykle istotny staje się zatem problem racjonalnego żywienia i wzbogacania żywności w substancje prozdrowotne. Uznany komponentem żywności mających znaczenie profilaktyczne i lecznicze w tym zakresie jest błonnik pokarmowy, w szczególności prebiotyczne frakcje rozpuszczalne. Błonnik powoduje m.in. obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego

we krwi, korzystne zmiany w proporcji frakcji cholesterolu HDL do LDL [9, 10], obniża poposiłkowe stężenie glukozy [7], zapewnia uczucie sytości oraz zakwasza treść jelitową itp.

Głównym źródłem błonnika w diecie pozostają produkty zbożowe. Jego zawartość w poszczególnych produktach uzależniona jest nie tylko od cech surowca, ale także od procesu technologicznego [6, 15]. Aktualnie rynek produktów zbożowych zdominowany jest przez produkty o wysokim stopniu przetworzenia. W wielu przypadkach cechuje je niska zawartość błonnika i białka, a także bardzo wysoka rozpuszczalność suchej masy (WSI), nawet powyżej 50% [16, 18]. Trudno takie produkty zakwalifikować do podstawy piramidy żywieniowej. Zwiększenie zawartości błonnika w produktach zbożowych oraz taki dobór parametrów procesu, aby błonnik ulegał jak najmniejszej degradacji powinno stać się priorytetem technologii zbóż. Procesem, który umożliwia odpowiednie wkomponowanie frakcji błonnikowych do składu produktu, przy jego dobrych właściwościach sensorycznych, jest ekstruzja [20]. Należy jednak zaznaczyć, że technologia ta jest bardzo destrukcyjna. Obserwuje się znaczny wzrost rozpuszczalności (WSI), nawet powyżej 50% [16, 20], obniżenie zawartości błonnika całkowitego (TDF) i frakcji nierozpuszczalnej (IDF) oraz jednoczesny wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF) [6, 17, 22]. Umiarkowane warunki procesu mogą powodować wzrost strawności białka [11], natomiast zwiększenie jego intensywności prowadzi do obniżenia wartości biologicznej białka, związanej ze stratami lizyny [4]. Notuje się także nieznaczne zmniejszenie całkowitej zawartości białka [17, 25]. Dochodzi także do znacznego kompleksowania tłuszczu [1, 13].

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości ekstruzji surowców wysoko-błonnikowych (otręby pszenne, okrywa nasienna grochu, razówka owsiana) w mieszankach z kaszką kukurydzianą oraz określenie wpływu ekstruzji na zmiany składu chemicznego ekstrudatu, w szczególności zmiany składu frakcyjnego błonnika pokarmowego.

### **Material i metody badań**

Badaniom poddano: komercyjnie dostępną kaszkę kukurydzianą, ziarno owsa obłuszczonego, otręby pszenne oraz okrywę nasienną grochu (tab. 1, 2). Surowce rozdrabniano do odpowiedniej granulacji (rozdrabniacz udarowy typ H-111/3, średnica zastępcza  $\Phi_z = 0,7$  mm) oraz oznaczano zawartość suchej masy. Przygotowane mieszanki nawilżano zgodnie z modelem doświadczenia (tab. 3), kondycjonowano przez 12 h i ponownie określano zawartość suchej masy. Ekstruzję prowadzono w ekstruderze dwuślimakowym przeciwbieżnym. Na podstawie badań pilotażowych przyjęto rozkład temperatur cylindra 120/150/180/180/130°C, obroty ślimaków 72 obr·min<sup>-1</sup>, średnicę matrycy 2 × 3,5 mm oraz dwa poziomy wilgotności surowca 14 i 22%.

Tabela 1

Skład chemiczny surowców [% s.m.].

Chemical composition of the raw materials [% d.m.].

| Komponent<br>Component                 | Bezazot.<br>wyciąg.<br>N-free<br>extract | Białko<br>Protein<br>x ± SD | Tłuszcz<br>Fat<br>x ± SD | Włókno<br>surowe<br>Crude<br>fibre<br>x ± SD | Popiół<br>Ash<br>x ± SD | TDF   | SDF<br>x ± SD | IDF<br>x ± SD  |
|--|--|-----------------------------|--------------------------|--|-------------------------|-------|---------------|----------------|
| Kaszka kukurydź.<br>Corn semolina      | 87,13                                    | 9,96<br>±0,02               | 1,09<br>±0,08            | 0,39<br>±0,07                                | 1,43<br>±0,15           | 6,31  | 1,05<br>±0,07 | 5,26<br>±0,04  |
| Razówka owsiana<br>Oat meal            | 73,01                                    | 14,93<br>±0,27              | 7,64<br>±0,11            | 2,30<br>±0,2                                 | 2,12<br>±0,06           | 18,05 | 4,73<br>±0,26 | 13,32<br>±0,05 |
| Otręby pszenne<br>Wheat bran           | 68,38                                    | 20,57<br>±0,18              | 1,81<br>±0,09            | 5,32<br>±0,14                                | 3,92<br>±0,07           | 31,95 | 4,19<br>±0,13 | 27,76<br>±0,07 |
| Okrywa nasienna<br>grochu<br>Pea hulls | 44,49                                    | 15,51<br>±0,09              | 2,01<br>±0,12            | 33,37<br>±0,05                               | 4,62<br>±0,08           | 67,64 | 5,78<br>±0,21 | 61,86<br>±0,54 |

TDF – błonnik pokarmowy całkowity / Total dietary fibre, SDF – błonnik pokarmowy rozpuszczalny / Soluble dietary fibre, IDF – błonnik pokarmowy nierozpuszczalny / Insoluble dietary fibre.

Tabela 2

Zawartość poszczególnych frakcji włókna detergentowego w surowcach [% s.m.].

The content of particular dietary fibre fraction in raw materials [% d.m.].

| Komponent<br>Component                 | NDF<br>x ± SD | ADF<br>x ± SD | HCEL  | CEL   | ADL<br>x ± SD |
|--|---------------|---------------|-------|-------|---------------|
| Kaszka kukurydź.<br>Corn semolina      | 3,59±0,11     | 0,73±0,05     | 2,86  | 0,64  | 0,09±0,01     |
| Razówka owsiana<br>Oat meal            | 13,02±0,09    | 4,7±0,11      | 8,32  | 2,75  | 1,95±0,02     |
| Otręby pszenne<br>Wheat bran           | 24,26±0,15    | 7,48±0,08     | 16,98 | 5,53  | 1,96±0,03     |
| Okrywa nasienna<br>grochu<br>Pea hulls | 50,23±0,23    | 41,50±0,36    | 8,73  | 41,26 | 0,4±0,07      |

NDF – włókno neutralno-detergentowe / Neutral detergent fibre, ADF – włókno kwaśno-detergentowe / Acid detergent fibre, HCEL – hemiceluloza / hemicellulose; CEL – celuloza / cellulose; ADL – lignina / lignin

W badaniach określano zawartość: białka (AACC, Method 46-06,  $N \times 6,25$ ), tłuszczu (AACC, Method 30-10), popiołu (AACC, Method 08-01) i włókna surowego metodą weendejską (AACC, Method 32-10). Na podstawie metod opracowanych przez van Soesta [23, 24] oznaczano: włókno neutralno-detergentowe (NDF), włókno kwaśno-detergentowe (ADF), celulozę (CEL), hemicelulozy (HCEL) i ligninę kwaśno-detergentową (ADL). Metodami enzymatycznymi oznaczano błonnik pokarmowy całkowity (TDF), rozpuszczalny (SDF) oraz nierozpuszczalny (IDF) (AOAC, Method 991.43; AOAC, Method 985.29; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32-21; AACC, Method 32-05); zastosowano enzymy i procedury metodyczne firmy Megazyme. Oznaczenia wykonywano metodami AACC i AOAC [3] w trzech powtórzeniach; obliczano wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Jeżeli współczynnik zmienności przekraczał wyznaczone doświadczalnie granice błędów danej metody, badania powtarzano. W przypadku zmiennych ciągłych wykonano analizę regresji i obliczono współczynniki determinacji  $R^2$ .

Tabela 3

Model doświadczenia.

Model of the experiment.

| Lp.<br>No. | Komponenty<br>Components [%]            |                                |                              |  | Wilgotność<br>Moisture content<br>[%] |
|------------|---|--------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------------|
|            | Kaszka<br>kukurydziana<br>Corn semolina | Razówka<br>owsiana<br>Oat meal | Otręby pszenne<br>Wheat bran | Okrywa<br>nasienna grochu<br>Pea hulls |                                       |
| 1          | 80                                      | 10                             | 10                           | 0                                      | 22                                    |
| 2          | 70                                      | 15                             | 15                           |  |                                       |
| 3          | 60                                      | 20                             | 20                           |  |                                       |
| 4          | 50                                      | 25                             | 25                           |  |                                       |
| 5          | 40                                      | 30                             | 30                           |  |                                       |
| 6          | 80                                      | 10                             | 10                           | 0                                      | 14                                    |
| 7          | 70                                      | 15                             | 15                           |  |                                       |
| 8          | 60                                      | 20                             | 20                           |  |                                       |
| 9          | 50                                      | 25                             | 25                           |  |                                       |
| 10         | 80                                      | 6,66                           | 6,66                         | 6,66                                   | 22                                    |
| 11         | 70                                      | 10                             | 10                           | 10                                     |                                       |
| 12         | 60                                      | 13,33                          | 13,33                        | 13,33                                  |                                       |
| 13         | 50                                      | 16,66                          | 16,66                        | 16,66                                  |                                       |
| 14         | 40                                      | 20                             | 20                           | 20                                     |                                       |

## Wyniki i dyskusja

Podstawowym surowcem stosowanym do produkcji szerokiego asortymentu wyrobów ekstrudowanych jest kaszka kukurydziana. Niestety, produkty wytworzone na bazie tego surowca cechuje niska wartość odżywcza. Wynika to z właściwości kaszki kukurydzianej; surowca otrzymywanego z obłuszczonego i odzarodkowanego ziarna kukurydzy. Ekstruzja mieszanek komponentów błonnikowych (razówka owsiana, otręby pszenne, okrywa nasienna grochu) z kaszką kukurydzianą pozwoliła na zwiększenie zawartości białka oraz poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego w ekstrudatach, w porównaniu z kaszką kukurydzianą (tab. 4). Zwiększenie udziału komponentów błonnikowych z 20 do 60% w mieszaninach 3-składnikowych (kaszka kukurydziana, razówka owsiana, otręby pszenne) przy wilgotności surowca 22% prowadziło do zwiększenia zawartości TDF z 6,99 do 15,4% s.m., SDF z 2,59 do 4,67% s.m. oraz IDF z 4,4 do 10,73% s.m. (rys. 1-3). W przypadku mieszanek 4-składnikowych, w których część komponentów owsianych i pszennych zastąpiono okrywą nasienną grochu uzyskano zwiększenie zawartości frakcji błonnikowych, odpowiednio, TDF z 9,56 do 23,15 % s.m., SDF z 2,9 do 4,31% s.m. oraz IDF z 6,66 do 18,84% s.m. Szczególnie cennym surowcem wydaje się być razówka owsiana ze względu na mniej skomplikowaną technologię pozyskiwania w porównaniu z często polecanymi otrębami owsianymi oraz wysoką zawartość białka i błonnika pokarmowego, zwłaszcza bardzo cennej frakcji rozpuszczalnej.

Porównanie wartości oczekiwanych z wartościami uzyskanymi analitycznie wskazało na istotne przemiany poszczególnych składników w czasie procesu. Oznaczono nieznacznie mniejszą zawartość białka w ekstrudatach w porównaniu z wartościami oczekiwanymi (tab. 4). Zmiany te uwidoczniły się we wszystkich analizowanych próbach. Podobne zależności obserwowali także inni autorzy [17, 25]. Wg Stanley [21] w czasie ekstruzji może dochodzić do wydzielania amoniaku, w wyniku powstawania wiązań izopeptydowych pomiędzy  $\epsilon$ -aminową grupą lizyny i amidową grupą asparaginy lub glutaminy. Obserwowano także zmniejszenie oznaczalności tłuszczu w ekstrudatach w porównaniu z surowcem (tab. 4). Związane jest to z tworzeniem się w czasie procesu kompleksów skrobiowo-lipidowych, które mogą być odporne na niektóre ze stosowanych technik ekstrakcji tłuszczu [5]. Różnica pomiędzy zawartością tłuszczu wolnego w surowcach i ekstrudatach może być prostym sposobem określenia stopnia wiązania tłuszczu w czasie ekstruzji. Wykazano także zmniejszenie zawartości włókna surowego oraz poszczególnych frakcji włókna detergentowego w ekstrudatach, w porównaniu z surowcem (tab. 4). Jest to zgodne z pracami innych autorów [8]; tłumaczy się to wzrostem rozpuszczalności poszczególnych frakcji, związanym z depolimeryzacją. Różnice pomiędzy zawartością poszczególnych frakcji, występujące przy wilgotności surowca 14 i 22%, wskazują na duży wpływ intensywności procesu na obserwowane zmiany. We wcześniejszych badaniach uzyskano zwiększenie intensywności procesu przy mniejszej wilgotności wymienionych surowców [19].

Tabela 4

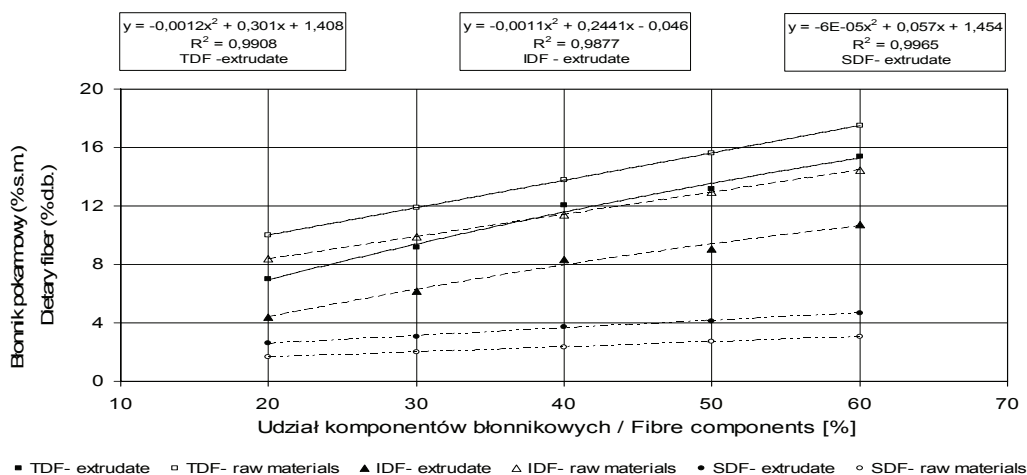
Skład chemiczny ekstrudatów [% s.m.].  
Chemical composition of the extrudates [% d.m.].

| Nr próbny<br>Sample no | Białko<br>Protein |           | Tłuszcz<br>Fat |           | Włókno surowe<br>Raw fibre |           | NDF  |           | ADF  |           | HCEL |           | CEL  |           | ADL  |           |
|------------------------|-------------------|-----------|----------------|-----------|----------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
|                        | +                 | *<br>x±SD | +              | *<br>x±SD | +                          | *<br>x±SD | +    | *<br>x±SD | +    | *<br>x±SD | +    | *<br>x±SD | +    | *<br>x±SD | +    | *<br>x±SD |
| 1                      | 11,5              | 11,4±0,11 | 1,82           | 0,18±0,06 | 1,12                       | 0,74±0,09 | 6,7  | 4,65±0,11 | 1,91 | 1,23±0,09 | 4,76 | 3,42      | 1,43 | 0,88      | 0,48 | 0,35±0,02 |
| 2                      | 12,3              | 12,1±0,15 | 2,18           | 0,85±0,05 | 1,46                       | 0,83±0,05 | 8,2  | 5,58±0,21 | 2,43 | 1,55±0,15 | 5,75 | 4,04      | 1,77 | 1,17      | 0,66 | 0,37±0,04 |
| 3                      | 13,1              | 12,3±0,13 | 2,54           | 1,25±0,02 | 1,79                       | 0,94±0,06 | 9,7  | 5,87±0,08 | 2,95 | 1,73±0,08 | 6,73 | 4,13      | 2,11 | 1,37      | 0,85 | 0,36±0,07 |
| 4                      | 13,9              | 12,7±0,11 | 2,91           | 1,68±0,11 | 2,13                       | 1,1±0,02  | 11,2 | 7,66±0,21 | 3,48 | 2,06±0,11 | 7,72 | 5,60      | 2,45 | 1,50      | 1,03 | 0,56±0,06 |
| 5                      | 14,6              | 12,9±0,17 | 3,27           | 2,02±0,15 | 2,47                       | 1,34±0,11 | 12,7 | 8,16±0,11 | 4,00 | 2,37±0,16 | 8,71 | 5,79      | 2,78 | 1,71      | 1,22 | 0,66±0,07 |
| 6                      | 11,5              | 11,1±0,21 | 1,82           | 0,53±0,06 | 1,12                       | 0,74±0,08 | 6,7  | 3,81±0,13 | 1,91 | 1,15±0,09 | 4,76 | 2,66      | 1,43 | 0,85      | 0,48 | 0,30±0,08 |
| 7                      | 12,3              | 12,1±0,14 | 2,18           | 1,49±0,14 | 1,46                       | 1,02±0,1  | 8,2  | 4,55±0,24 | 2,43 | 1,54±0,04 | 5,75 | 3,01      | 1,77 | 1,14      | 0,66 | 0,40±0,1  |
| 8                      | 13,1              | 12,0±0,1  | 2,54           | 1,67±0,11 | 1,79                       | 0,91±0,08 | 9,7  | 5,57±0,08 | 2,95 | 1,56±0,21 | 6,73 | 4,02      | 2,11 | 1,15      | 0,85 | 0,40±0,11 |
| 9                      | 13,9              | 12,6±0,09 | 2,91           | 1,93±0,09 | 2,13                       | 1,09±0,09 | 11,2 | 6,19±0,07 | 3,48 | 1,79±0,07 | 7,72 | 4,40      | 2,45 | 1,40      | 1,03 | 0,39±0,08 |
| 10                     | 11,4              | 11,1±0,07 | 1,64           | 0,52±0,11 | 3,09                       | 2,33±0,15 | 8,8  | 5,90±0,18 | 4,26 | 3,78±0,19 | 4,50 | 2,12      | 3,90 | 3,56      | 0,36 | 0,22±0,06 |
| 11                     | 13,1              | 11,4±0,21 | 2,02           | 0,6±0,06  | 4,46                       | 3,55±0,12 | 11,7 | 8,69±0,21 | 6,06 | 5,53±0,2  | 5,64 | 3,16      | 5,55 | 5,05      | 0,50 | 0,48±0,05 |
| 12                     | 14,8              | 12,0±0,16 | 2,40           | 0,92±0,08 | 5,82                       | 4,55±0,09 | 14,6 | 11,0±0,11 | 7,84 | 7,56±0,2  | 6,77 | 3,45      | 7,20 | 6,94      | 0,64 | 0,63±0,1  |
| 13                     | 16,5              | 12,5±0,11 | 2,78           | 1,15±0,12 | 7,19                       | 5,90±0,14 | 17,5 | 13,3±0,07 | 9,63 | 8,54±0,03 | 7,90 | 4,76      | 8,85 | 7,90      | 0,78 | 0,64±0,05 |
| 14                     | 18,2              | 12,4±0,08 | 3,16           | 1,28±0,15 | 8,56                       | 7,27±0,16 | 20,5 | 16,6±0,12 | 11,4 | 11,2±0,14 | 9,04 | 5,48      | 10,5 | 10,5      | 0,92 | 0,68±0,12 |

+ - wartość oczekiwana / expected value.

\* - wartość oznaczona / determined value.

Metodą enzymatyczną wykazano zmniejszenie zawartości błonnika całkowitego (TDF) przy jednoczesnym zmniejszeniu zawartości frakcji nierozpuszczalnej (IDF) i wzroście zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF) (rys. 1-3). Podobny kierunek zmian obserwowany był w badaniach innych autorów [6, 17]. Intensywna obróbka, jaką bez wątpienia jest ekstruzja, może prowadzić do rozrywania długich łańcuchów frakcji IDF na mniejsze fragmenty o rozmiarach zbliżonych do rozmiarów frakcji SDF. Powstałe frakcje błonnika rozpuszczalnego mają jednak nadal strukturę frakcji nierozpuszczalnej, jakkolwiek tracą niektóre ze swoich właściwości np. zdolność wiązania kwasów żółciowych [6]. W warunkach obróbki termiczno-plastycznej może równocześnie dochodzić także do tworzenia się skrobi odpornej [12], wpływającej na wzrost zawartości frakcji TDF i IDF. Zawartość poszczególnych frakcji w ekstrudacie jest więc wypadkową powyższych procesów. Nie można jednak mówić o całkowitym kompensowaniu strat, jak też o całkowitej konwersji frakcji nierozpuszczalnej do rozpuszczalnej. Podjęcia dodatkowych badań wymaga natomiast określenie czy powstały w czasie procesu ekstruzji rozpuszczalny błonnik wywiera podobny wpływ fizjologiczny, jak naturalnie występujące w żywności  $\beta$ -glukany.

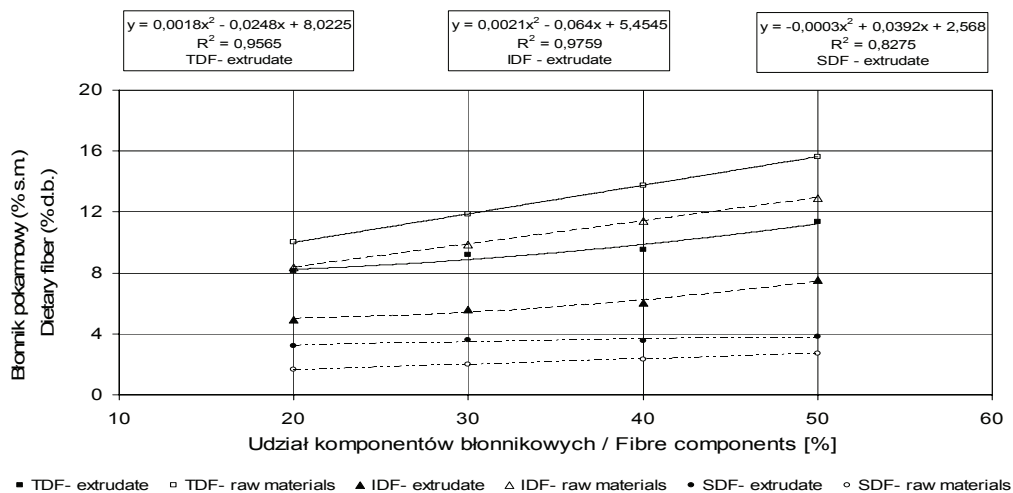


Rys. 1. Zmiany zawartości błonnika pokarmowego (TDF, SDF i IDF) w wyniku ekstruzji. Próby nr 1-5.

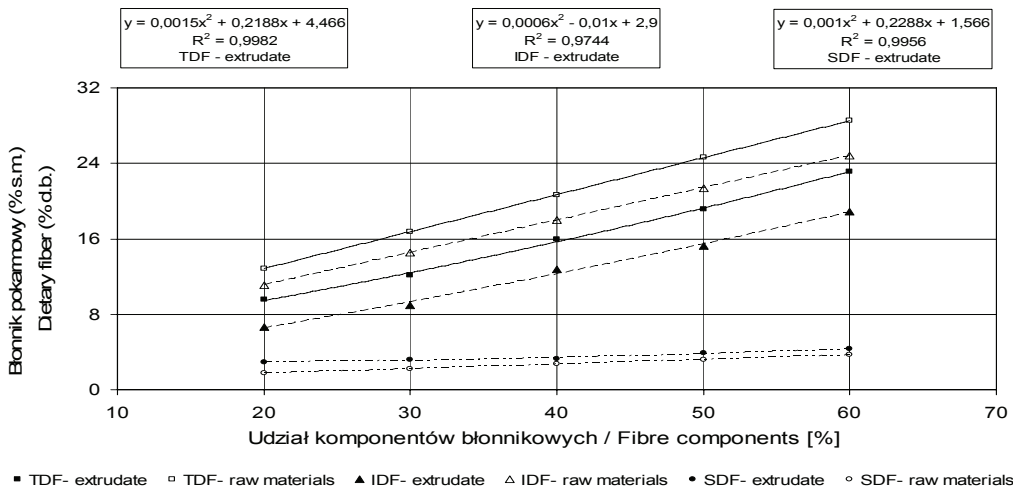
Fig. 1. Changes in dietary fibre content (TDF, SDF and IDF) during extrusion-cooking. Sample no. 1-5.

Zestawione wyniki z trzech metod analitycznych: detergentowej, enzymatycznej i weendejskiej (włókno surowe) pozwalają na porównawczą ocenę tych metod. Wskazują na całkowitą nieprzydatność metody oznaczania włókna surowego. Otrzymane wartości są każdorazowo niższe od zawartości frakcji NDF, jak i ADF. Jeszcze większe różnice występują pomiędzy włóknom surowym a błonnikiem pokarmowym całkowitym (TDF). Nie można także określić zależności pomiędzy uzyskanymi wynika-

mi, co potwierdzają także wcześniejsze badania [2, 16]. Zdecydowanie najbardziej przydatną metodą do oznaczanie błonnika pokarmowego jest metoda enzymatyczna.



Rys. 2. Zmiany zawartości błonnika pokarmowego (TDF, SDF i IDF) w wyniku ekstruzji. Próby nr 6-9.  
 Fig. 2. Changes in dietary fibre content (TDF, SDF and IDF) during extrusion-cooking. Sample no. 6-9.



Rys. 3. Zmiany zawartości błonnika pokarmowego (TDF, SDF i IDF) w wyniku ekstruzji. Próby nr 10-14.  
 Fig. 3. Changes in dietary fibre content (TDF, SDF and IDF) during extrusion-cooking. Sample no. 10-14.



## Wnioski

1. Wprowadzenie komponentów błonnikowych (razówka owsiana, otręby pszenne, okrywa nasienna grochu) do mieszanek z kaszką kukurydzianą pozwala na uzyskanie ekstrudatów o podwyższonej zawartości białka i błonnika pokarmowego, zwłaszcza frakcji rozpuszczalnych.
2. Ekstruzja powoduje istotne przemiany w składnikach ekstrudowanej masy m.in. obniżenie zawartości białka oraz tłuszczu wolnego, jak również zmniejszenie zawartości TDF oraz frakcji IDF przy jednoczesnym wzroście zawartości frakcji SDF. Wielkość tych zmian jest uzależniona od parametrów procesu oraz rodzaju surowca.
3. Przedstawione wyniki wykazują duże zróżnicowanie pomiędzy różnymi metodami oznaczania błonnika pokarmowego. W badaniach produktów zbożowych, a zwłaszcza wysoko przetworzonych, zaleca się stosowanie metody enzymatycznej.

*Praca była prezentowana podczas XXXVII Ogólnopolskiej Sesji Komitetu Nauk o Żywności PAN, Gdynia, 26 – 27.IX.2006.*

## Literatura

- [1] Addo K., Pomeranz Y.: Lipid binding and fatty acid distribution in flour dough, and baked and steamed bread. *Cereal Chem.*, 1991, **68**, 570-572.
- [2] Anioła J., Górecka D.: Charakterystyka zawartości i składu włókna pokarmowego nowych preparatów wysokobłonnikowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2004, **37**, 145-148.
- [3] Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC). St. Paul, Minnesota, 2000.
- [4] Björck I., Asp N-G., Brikhed D., Lundquist I.: Effects on processing on availability of starch for digestion *in vitro* and *in vivo*. I. Extrusion cooking of wheat flour starch. *J. Cereal Sci.*, 1984, **2**, 91-103.
- [5] Camire M. E.: Extrusion and nutritional quality. In: Guy R.: Extrusion cooking, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge 2001.
- [6] Camire M., Zhao J., Violette D. A.: *In vitro* binding of bile acids by extruded potato peels. *J. Agric. Food Chem.*, 1993, **41**, 2391-2394.
- [7] Cavallero A., Empillit S., Brighenti F., Stanca A. M.: High (1-3, 1-4)  $\beta$  glucan barley fraction in bread making and their effects on human glycemc response. *J. Cereal Sci.*, 2002, **36**, 59-66.
- [8] Fornal L., Właż A., Bąkowska B.: Przemiany spolimeryzowanych węglowodanów w czasie ekstruzji. *Acta. Acad. Agricult. Tech. Olst. Tech. Aliment.*, 1993, **25**, 125-135.
- [9] Friedrich M.: The effects of diet enrichment with hull-less oat cultivar on glucose, lipid, lipoprotein, fibrinogen, and estradiol contents in the blood of post-mastectomy women. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12/53**, 4, 69-74.
- [10] Gerhardt A. L., Gallo N. G.: Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.*, 1998, **128**, 865-869.
- [11] Gujska E., Khan K.: Effect of extrusion variables on amino acids, available lysine and 'in vitro' protein digestibility of the extrudates from pinto bean (*Phaseolus vulgaris*). *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2002, **11/52**, 1, 39-43.

- [12] Huth M., Dongowski G., Gebhardt E., Flamme W.: Functional properties of dietary fibre enriched extrudates from barley. *J. Cereal Sci.*, 2000, **32**, 115-128.
- [13] Izzo M. T., Ho C.-T.: Protein-lipid interaction during single-screw extrusion of zein and corn oil. *Cereal Chem.*, 1989, **66**, 47-51.
- [14] Jones J.M.: Dietary advice in North America: the good, the bad and the unheeded. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science, U.K., 2001, 13-22.
- [15] Poutanen K.: Effect of processing on the properties of dietary fiber. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*, Blackwell Science, U.K., 2001
- [16] Rzedzicki Z.: Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. *Bromat. Chem. Toksygol.*, 2005, **37 S**, 141-146.
- [17] Rzedzicki Z., Kozłowska H., Troszyńska A.: Application of pea hulls for extrudate production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2004, **13/54**, 4, 363-368.
- [18] Rzedzicki Z., Wirkijowska A.: Badania składu chemicznego wybranych kukurydzianych zbóż śniadaniowych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *Bromat. Chem. Toksygol.*, 2006, **39 (S)**, 97-102.
- [19] Rzedzicki Z., Zarzycki P.: Ekstruzja dwuślimakowa mieszanek wysokobłonnikowych z udziałem razówki owsianej. *Acta Agrophysica*, 2006, **8 (4)**, 935-947.
- [20] Rzedzicki Z., Zarzycki P.: Badania procesu ekstruzji mieszanin z udziałem lędźwianu i razówki owsianej. *Acta Agrophysica*, 2005, **6 (2)**, 515-528.
- [21] Stanley D. W.: Protein reactions during extrusion cooking, in: *Extrusion Cooking*, AACC, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, 1989, p. 321.
- [22] Vasanthan T., Jiang G., Yeung J., Li J.: Dietary fiber profile of barley flour as effect by extrusion cooking. *Food Chem.*, 2002, **77**, 35-40.
- [23] Van Soest P.: Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A.O.A.C.*, 1963, **43**, 829-835.
- [24] Van Soest P. J., Wine R. H.: Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. IV: Determination of plant cell-wall constituents. *J. A.O.A.C.*, 1967, **50**, 50-51.
- [25] Zieliński H., Rzedzicki Z.: Reduced/oxidized glutathione index as a tool for monitoring oxidative stress during extrusion cooking. *J. Food Proc. Preserv.*, 2001, **25/3**, 197-206.

#### INFLUENCE OF EXTRUSION COOKING OF MAIZE-OAT MEAL MIXTURES ON THE CHANGES OF FRACTIONAL COMPOSITION OF DIETARY FIBRE

##### S u m m a r y

The aim of the study was to determine the possibilities of using fibre components such as: oat meal, wheat bran, pea hulls to produce high-fiber breakfast cereals. Counter rotating twin-screw extruder was used: barrel temp. 120/150/180/180/130°C, screw speed 72 rpm, die diameter 2x5mm and moisture content 14 and 22%. The influence of participation of exact fiber components and mixture's moisture on extrudates chemical changes with special compliance of non-starch polysaccharides was tested. An increase in the fiber components share in the mixture increased the content of dietary fibre and protein in extrudates. The extrusion process had destructive influence on non-starch polysaccharides. However the extrusion cooking process resulted in the decrease in the content of dietary fibre (TDF) and its insoluble fraction (IDF) as well as caused an increase in the content on the soluble fraction of fiber (SDF). These changes depended on the composition of the mixture subjected to the extrusion cooking process and moisture content. Also a slight decrease in the protein content in the extrudates compared to the raw materials was observed.

**Key words:** extrusion cooking, dietary fibre, oat, wheat bran, pea hulls 