

ZBIGNIEW RZEDZICKI, MAŁGORZATA KASPRZAK

## WPLYW TEMPERATURY OBRÓBKI TERMOPLASTYCZNEJ NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE EKSTRUDATÓW Z UDZIAŁEM RAZÓWKI LĘDŹWIANOWEJ (*LATHYRUS SATIVUS*)

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem profilu rozkładu temperatury cylindra ekstrudera na przebieg procesu ekstruzji, możliwości ustabilizowania warunków wytłaczania oraz możliwości modyfikowania właściwości fizycznych ekstrudatów z udziałem razówki lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus*). Jako podstawowy składnik strukturotwórczy zastosowano kaszkę kukurydzianą. Termoplastyczną obróbkę mieszanek surowców przeprowadzono w ekstruderze jednoślismakowym (L:D=12:1, D=45 mm, stopień sprężania 3:1). W otrzymanych ekstrudatach określano stopień ekspandowania promieniowego, gęstość właściwą, teksturę, wodochłonność (WAI) ekstrudatu nierozdrobnionego, wodochłonność (WAI) ekstrudatu rozdrobnionego (ekstrudowanej masy), a także współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI). Stwierdzono, że przyjęte zakresy temperatury pozwalają na stabilną pracę ekstrudera, chociaż wzrost temperatury ze 115/135/120°C do 155/175/120°C powodował spadek wydajności ekstrudera o około 25%. Wykazano także, że temperatura procesu ma znaczący wpływ na właściwości fizyczne ekstrudatu. Wzrost temperatury cylindra ze 115/135/120°C do 155/175/120°C powodował: spadek ekspandowania promieniowego z 12,6 do 8,9, gęstości właściwej z 75,2 kg/m<sup>3</sup> do 56,9 kg/m<sup>3</sup> przy zachowaniu bardzo dobrej chrupkości ekstrudatu w przedziale 0,3 – 0,35 J/g. Uzyskane ekstrudaty charakteryzowały się bardzo wysoką wodochłonnością; WAI osiągał nawet wartość 873%. Ekstruzja powodowała bardzo intensywne zmiany w rozpuszczalności suchej masy nasilające się wraz ze wzrostem temperatury; wzrost temperatury cylindra ze 115/135/120°C do 155/175/120°C powodował wzrost WSI z 35% nawet do 49%. Wyniki oceny sensorycznej ekstrudatów wykazały, że wprowadzenie 10% dodatku razówki lędźwianowej pozwala znacznie obniżyć temperaturę ekstruzji i uzyskać bardzo dobrej jakości chrupki już przy temp. 135/155/120°C.

**Słowa kluczowe:** obróbka termoplastyczna, razówka lędźwianowa, ekstrudaty, właściwości fizyczne.

### Wprowadzenie

Pod koniec XX w. rynek produktów zbożowych został zdominowany przez wyroby ekstrudowane. Termoplastyczna obróbka surowców znalazła zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu spożywczego, mleczarskiego i paszowego [13, 16]. Tą technologią można pozyskiwać szeroką gamę wyrobów np. chrupki do bezpośredniego spożycia, różnorodną galanterię cukierniczą, błyskawiczne zboża śniadaniowe,

teksturowane białka roślinne, pieczywo chrupkie, makarony instant, produkty dietetyczne, modyfikowane skrobie i mąki, karmy dla zwierząt, itp. [17]. Podstawą procesu ekstruzji jest upłynnienie przetwarzanej masy, stąd najczęściej używanym surowcem w tej technologii jest surowiec zbożowy najłatwiej upłynniający się - kaszka kukurydziana [4, 5, 7]. Kaszka kukurydziana jest surowcem ubogim w składniki odżywcze, bowiem jest produkowana z obłuszczonego i pozbawionego zarodków ziarna kukurydzy. Surowiec taki jest ubogi w białko, tłuszcze, a przede wszystkim w błonnik pokarmowy (tab. 3). Jak wykazały liczne badania naukowe, spożywanie żywności ubogiej w błonnik pokarmowy wpływa na zwiększenie ryzyka zachorowalności na wiele chorób cywilizacyjnych m.in.: układu krążenia, nowotworów, cukrzycy, otyłości, itp. [1]. Celowe wydaje się więc takie modyfikowanie wsadu surowcowego poddawanego ekstruzji, aby chociaż częściowo zrekompensować niedobory tych składników. Wiele środowisk naukowych, w szczególności trzy kolejne światowe kongresy błonnika pokarmowego, wskazują także na niezwykle istotną rolę biologicznie aktywnych składników błonnika pokarmowego [18]. Szczególnie interesujące są tu nasiona roślin strączkowych np. lędźwianu siewnego, zwanego również soczewicą białą lub ruską. Badania prowadzone przez Rzedzickiego [11] dowodzą, że krajowe odmiany soczewicy białej są bardzo dobrym komponentem do wyrobu chrupek, które mogą być z dużym powodzeniem produkowane przy użyciu nawet ekstrudera jednoślimakowego S-45. Wprowadzenie do mieszanki surowcowej tylko 10% razówki lędźwianowej dostarcza około 3% białka oraz około 3,3% bardzo cennego błonnika pokarmowego, w tym także błonnika rozpuszczalnego o silnym oddziaływaniu probiotycznym. W przeprowadzonych uprzednio badania [14] wykazano także przydatność mieszaniny kaszki kukurydzianej i razówki lędźwianowej w ekstruzji jednoślimakowej w szerokim zakresie wilgotności ekstrudowanej mieszanki.

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości ustabilizowania warunków wytłaczania mieszanin (z udziałem 10% lędźwianu) przy zmiennym profilu rozkładu temperatury cylindra ekstrudera, analiza wpływu temperatury cylindra na podstawowe właściwości fizyczne ekstrudatu, zbadanie możliwości modyfikowania podstawowych właściwości fizycznych ekstrudatu, jak również cech sensorycznych. Badano wpływ temperatury cylindra na wydajność ekstrudera, stopień ekspandowania promieniowego ekstrudatu, gęstość właściwą, chrupkość, wodochłonność (WAI) ekstrudowanego produktu, wodochłonność (WAI) ekstrudowanej masy, a także współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI). Przeprowadzono także ocenę sensoryczną pozyskanych ekstrudatów.

### **Materiał i metody badań**

Głównym surowcem strukturotwórczym była kaszka kukurydziana z pozbawionego zarodków i obłuszczonego ziarna kukurydzy szklistej. Jako surowiec białkowo-błonnikowy zastosowano nasiona lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus*) odmiany Derek. Na podstawie wcześniejszych badań [11] oraz badań pilotujących

przyjęto udział razówki lędźwianowej w mieszance w ilości 10%; pozostałe 89% stanowiła kaszka kukurydziana oraz 1% sól kuchenna. Mieszankę surowcową nawilżano do wilgotności 13,5%. Jako zmienny parametr procesu zastosowano profil rozkładu temperatury cylindra ekstrudera (tab. 1).

Tabela 1

Model doświadczenia  
Model of experiments

| Próba<br>Sample | Kaszka<br>kukurydziana<br>Maize semolina<br>[%] | Lędźwian<br>Everlasting pea<br>[%] | Sól<br>Salt<br>[%] | Wilgotność<br>Moisture<br>[%] | Profil rozkładu temp.<br>cylindra<br>Barrel temperature profile<br>[°C] |
|-----------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1               | 89                                              | 10                                 | 1                  | 13,5                          | 115/135/120                                                             |
| 2               |                                                 |                                    |                    |                               | 125/145/120                                                             |
| 3               |                                                 |                                    |                    |                               | 135/155/120                                                             |
| 4               |                                                 |                                    |                    |                               | 145/165/120                                                             |
| 5               |                                                 |                                    |                    |                               | 155/175/120                                                             |

Na podstawie badań pilotujących przyjęto stałą temp. głowicy ekstrudera 120°C oraz stałą różnicę temperatur pomiędzy sekcją I i II cylindra w wysokości 20°C.

Surowce poddano rozdrobnieniu w rozdrabniaczu udarowym typu H-111/3. Proces rozdrabniania prowadzono tak, aby uzyskać stopień rozdrobnienia podany w tab. 2.

W badanych surowcach oznaczano zawartość: wody metodą suszarkową (AACC, Method 44-15A), azotu ogólnego metodą Kjeldahla (AACC, Method 46-08), tłuszczu surowego metodą Soxhleta (AACC, Method 30-26), włókna surowego metodą weendejską (AACC, Method 32-10) oraz związków mineralnych w postaci popiołu (AACC, Method 08-01). Ponieważ metoda weendejska nie obrazuje rzeczywistej zawartości błonnika w pożywieniu, w celu dokładniejszego określenia jego składu frakcyjnego wykonywano oznaczenia składu frakcyjnego błonnika pokarmowego według metody detergentowej, opracowanej przez van Soesta [19, 20], tj.: włókna neutralno-detergentowego (NDF), włókna kwaśno-detergentowego (ADF), celulozy (CEL), hemicelulozy (HCEL) i ligniny kwaśno-detergentowej (ADL). Oznaczono także zawartość błonnika metodą enzymatyczną (AOAC, Method 991.43; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32021; AOAC, Method 985.29; AACC, Method 32-05) oznaczając błonnik całkowity (TDF), nierozpuszczalny (IDF) i rozpuszczalny (SDF) (tab. 3).

Proces termoplastycznej obróbki prowadzono przy użyciu jednoślیمakowego ekstrudera stosując: średnicę matrycy 3 mm, obroty ślimaka 100 obr./min, L:D = 12:1 oraz stopień sprężania 3:1. Badano wpływ zmiennego rozkładu temperatury cylindra na przebieg procesu, możliwości ustabilizowania warunków wytłaczania oraz wybrane

Tabela 2

Skład frakcyjny surowców.

Fractional composition of raw materials.

| Frakcja<br>Fraction<br>[mm]        | > 1,6 | 1,6 –<br>1,2 | 1,2 –<br>1,0 | 1,0 –<br>0,8 | 0,8 –<br>0,5 | 0,5 –<br>0,265 | < 0,265 | $\sum < 0,5$<br>$\sum < 0,5$ | Średnica<br>zastępcza<br>Mean<br>diameter<br>[mm] |
|------------------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------|------------------------------|---------------------------------------------------|
| Surowiec<br>Raw material           | [%]   |              |              |              |              |                |         |                              |                                                   |
| Kaszka kukurydz.<br>Corn semolina  | 0     | 0,11         | 6,8          | 27,63        | 43,45        | 17,03          | 4,98    | 22,01                        | 0,685                                             |
| Lędźwian siewny<br>Everlasting pea | 0     | 2,2          | 10,35        | 21,3         | 28,68        | 19,24          | 18,23   | 37,47                        | 0,645                                             |

Tabela 3

Skład chemiczny surowców użytych w badaniach [% s.m.].

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

| Material<br>Material         | Bezazot<br>wyciąg<br>N-free<br>extract | Białko<br>Protein | Tłuszcz<br>Fat | Popiół<br>Ash | Włókno<br>surowe<br>Crude<br>Fibre | NDF  | ADF  | HCEL  | CEL  | ADL  | IDF   | SDF  | TDF   |
|------------------------------|----------------------------------------|-------------------|----------------|---------------|------------------------------------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|
| Kaszka                       |                                        |                   |                |               |                                    |      |      |       |      |      |       |      |       |
| kukurydz.<br>Maize<br>semol. | 87,09                                  | 10,62             | 1,21           | 0,63          | 0,45                               | 3,66 | 0,86 | 2,8   | 0,74 | 0,12 | 5,28  | 1,01 | 6,29  |
| Lędźwian                     |                                        |                   |                |               |                                    |      |      |       |      |      |       |      |       |
| siewny<br>Everlasting<br>pea | 61,64                                  | 28,03             | 1,16           | 3,36          | 5,81                               | 21,9 | 7,91 | 13,99 | 7,84 | 0,07 | 29,01 | 4,31 | 33,32 |

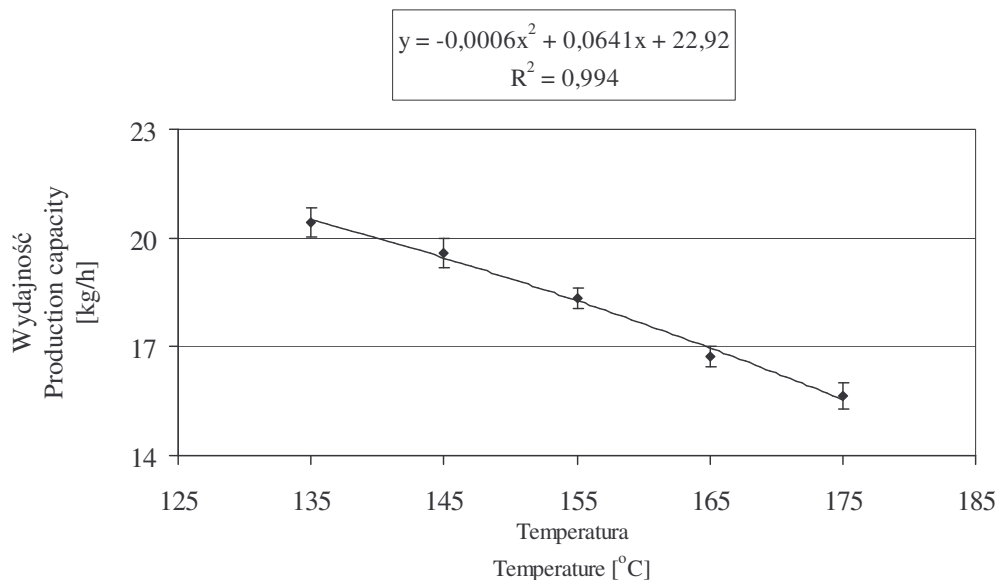
właściwości fizyczne ekstrudatów. Badano stopień ekspandowania promieniowego oraz gęstość właściwą [10]. Pomiary wodochłonności (WAI) ekstrudowanego produktu wykonano metodą odciekową wg Jao i wsp. [6], wodochłonność (Water Absorption Index WAI) ekstrudowanej masy wykonano metodą wirówkową (AACC, 88-04) we własnej modyfikacji [15], współczynnik rozpuszczalności suchej masy (Water Solubility Index WSI) badano wg metody AACC, 88-04 w modyfikacji Rzedzickiego i wsp. [15], teksturę określano metodą wielopłaszczyznowego ścinania [9]. Pomiary ekspandowania, gęstości i tekstury wykonano w 52 powtórzeniach (dwa skrajne pomiary odrzucano), pomiary wodochłonności i współczynnika rozpuszczalności suchej masy w 6 powtórzeniach. Obliczano wartości średnie, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności. Dla zmiennych ciągłych obliczano równania regresji i współczynniki determinacji  $R^2$ .

Przeprowadzono także analizę sensoryczną uzyskanych ekstrudatów. Zastosowano dziewięciopunktową skalę ocen. Grupa 10 osób, odpowiednio wyselekcjonowanych, oceniała wygląd, smak, zapach, przeżuwalność, kleistość i chrupkość próbek.

### **Wyniki i dyskusja**

Uzyskane wyniki badań wykazały, że w przyjętym zakresie rozkładu temperatury cylindra od 115/135/120°C do 155/175/120°C ekstruder pracował stabilnie; nie występował poślizg surowca, ekstruder nie blokował się i nie występowało przypalanie się surowca do ścianek cylindra. Przyjęty na podstawie wcześniejszych badań [11] udział razówki lędzwanowej w ilości 10% przy założonym profilu rozkładu temperatury okazał się trafny. Przy każdym badanym profilu temperatury skład mieszaniny umożliwiał uzyskanie wysokiej jakości produktu. Wilgotność mieszanki surowcowej, przyjęta na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań [14], pozwoliła także na poprawny przebieg procesu przy każdej założonej temperaturze.

Profil rozkładu temperatury w cylindrze wpłynął znacząco na wydajność ekstrudera. Najwyższą wydajność osiągnięto przy najniższej temp. procesu 115/135/120°C; wynosiła ona ponad 20 kg/h. Wydajność najniższą, wynoszącą nieco ponad 15,6 kg/h, zaobserwowano w przypadku prób otrzymywanych w temp. 155/175/120°C. Zmiany wydajności ekstrudera w funkcji temperatury cylindra przedstawiono na rys. 1. Otrzymano ujemnie skorelowaną zależność wydajności ekstrudera od temperatury cylindra, przy bardzo wysokim współczynniku determinacji  $R^2 = 0,994$ . Wzrost temperatury przetwarzanej masy spowodował spadek lepkości i wpłynął w większym stopniu na wzrost przepływu wstecznego, hamując tym samym postępowy przepływ strumienia ekstrudowanej masy. Takie zachowanie się ekstrudowanego materiału można zaobserwować w przypadku surowców silnie klejących się, jakim jest razówka lędzwanowa. Podobną tendencję odnotowano w czasie ekstruzji mieszanek owsiano-kukurydzianych, otrzymywanych przy wilgotności surowca 13,5% i udziale otrąb owsianych w mieszance 9% [13].

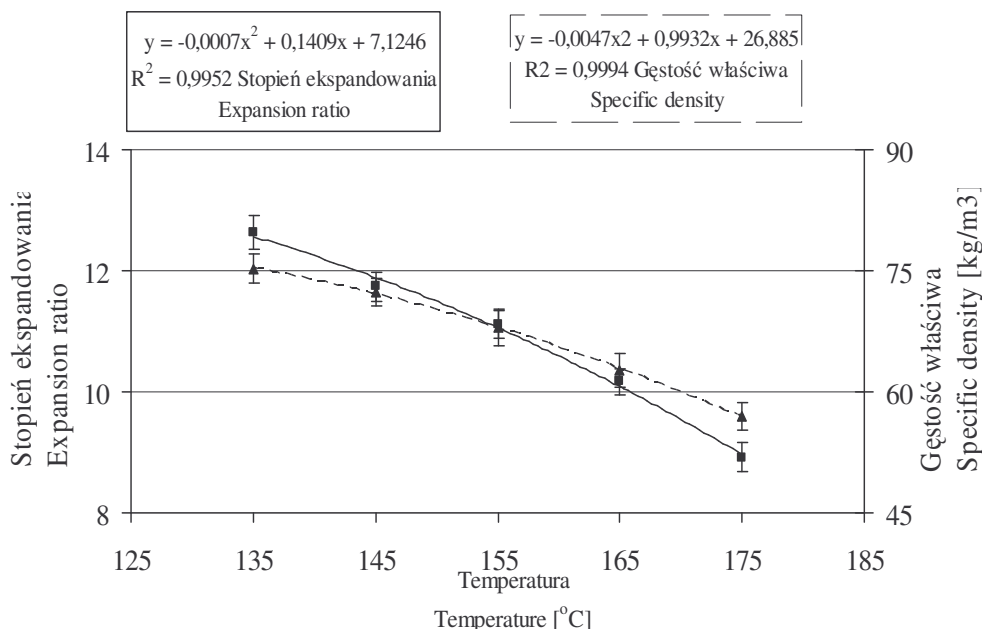


Rys. 1. Wpływ temperatury cylindra na wydajność ekstrudera (wilgotność 13,5%, udział lędwianu 10%).

Fig. 1. The effect of barrel temperature on the production capacity of the extrusion – cooker (moisture content: 13.5%, everlasting pea content: 10%).

Pomiary stopnia ekspandowania promieniowego ekstrudatów (rys. 2) wykazały, że ekspandowanie promieniowe malało wraz ze wzrostem temperatury procesu. Odnotowano wartości ekspandowania 12,6 w temp. 115/135/120°C oraz 8,9 w przypadku temp. 155/175/120°C. Można by sądzić, że w miarę wzrostu temperatury procesu ekstrudat będzie mniej wyekspandowany, twardy, zbity o większej gęstości właściwej. Tak jednak nie było. Gęstość właściwa w całym badanym przedziale temperatury osiągała pożądane wartości i zawierała się w zakresie od 75,2 kg/m<sup>3</sup> w temp. 115/135/120°C do 56,9 kg/m<sup>3</sup> w 155/175/120°C (rys. 2). Tak więc w miarę wzrostu temperatury procesu obserwowano zmniejszenie się ekspandowania promieniowego i jednocześnie spadek gęstości właściwej. Takie nietypowe zachowanie się ekstrudowanej masy można zaobserwować w przypadku surowców silnie klejących się w ekstruderze, gdzie wzrostowi temperatury towarzyszy wzrost przepływu wstecznego, zmniejszenie wydajności ekstrudera, spadek ekspandowania i jednocześnie obniżenie gęstości właściwej. Przy zmniejszającej się wydajności w dobrze wygrzanej głowicy ekstrudera i matrycy utrzymuje się nadal stabilna prędkość wypływu ekstrudatu z matrycy i może nawet nastąpić wzrost ekspandowania wzdłużnego. Tym samym formuje się produkt o mniejszej gęstości i mniejszym wyekspandowaniu promieniowym. Uzyskane wyniki dowodzą więc, że stopień ekspandowania promieniowego nie zawsze może być miarą jakości chrupek wytwarzanych z kaszki kukurydzianej, jak to sugerują Colona i wsp. [3]. Nie zawsze bowiem wzrostowi ekspandowania promieniowego musi towarzyszyć spadek gęstości i

odwrotnie. Istnieje bowiem jeszcze ekspandowanie wzdłużne kształtujące produkt, dlatego najlepszą miarą oceny tych wielkości jest gęstość właściwa.

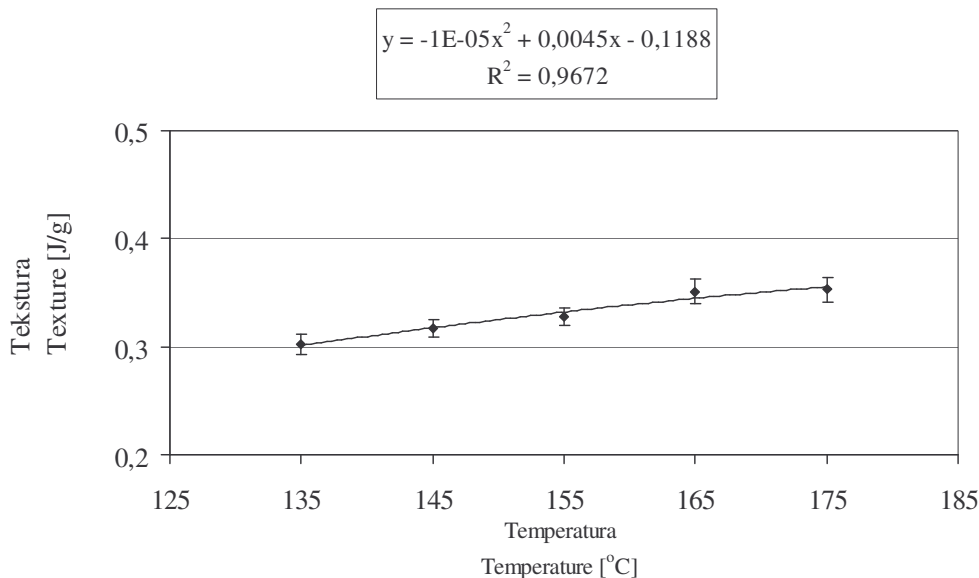


Rys. 2. Wpływ temperatury cylindra na stopień ekspandowania i gęstość właściwą ekstrudatów (wilgotność 13,5%, udział lędwianu 10%).

Fig. 2. The effect of barrel temperature on the expansion ratio and specific density of extrudates (moisture content: 13.5%, everlasting pea content: 10%).

Przeprowadzono także badania tekstury ekstrudatów. Jako miarę tekstury przyjęto ilość energii koniecznej do wielopłaszczyznowego ścięcia 1 g próby. W badanym przedziale temperatury odnotowano bardzo dobrą teksturę ekstrudatu. Zwiększenie temperatury procesu nie spowodowało pogorszenia tej cechy ekstrudatów (rys. 3). Należy podkreślić szczególnie mały zakres wartości energii niszczącej mieszczący się w przedziale 0,3–0,35 J/g. Wartości energii niszczącej są dodatnio skorelowane z temperaturą cylindra przy bardzo wysokiej wartości współczynnika determinacji  $R^2 = 0,9672$ . Tak więc wprowadzenie 10% razówki lędwianowej umożliwiło uzyskanie chrupek o bardzo dobrej teksturze przy zdecydowanie niższej temp. ekstruzji (115/135/120°C). Obuchowski i wsp. [8] poddali ocenie ekstrudaty kukurydziane i owsiane otrzymywane z ekstrudera jednoślímakowego. Jako czynniki zmienne zastosowali temperaturę strefy gotowania (165, 175, 185°C) oraz obroty ślímaka (80 obr./min, 88 obr./min). Uzyskane chrupki zarówno z kukurydzy, jak i z owsa charakteryzowały się najlepszą teksturą, gdy prowadzono proces przy 80 obr./min i temp. 185°C. Wprowadzenie lędwianu w naszych badaniach pozwoliło uzyskać bardzo dobry produkt już przy temp. 135°C.



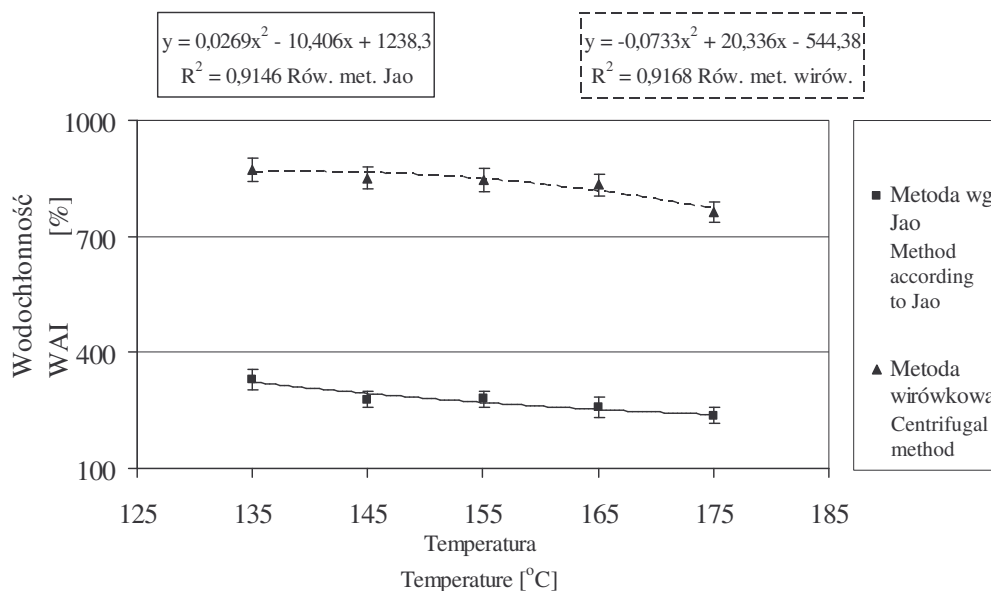


Rys. 3. Wpływ temperatury cylindra na teksturę ekstrudatów (wilgotność 13,5%, udział lędźwianu 10%).

Fig. 3. The effect of barrel temperature on the texture of extrudates (moisture content: 13.5%, everlasting pea content: 10%).

Ekstrudaty zawierające w swoim składzie razówkę lędźwianową charakteryzowały się wysokimi wartościami wodochłonności oraz krótkim czasem uwadniania. Zarówno przy zastosowaniu metody odciekowej, jak również wirówkowej uzyskano taką samą tendencję zmian wodochłonności. Wodochłonność ekstrudatów malała wraz ze wzrostem temperatury procesu. Wartości WAI ekstrudowanego produktu były zdecydowanie niższe od wartości wodochłonności ekstrudowanej masy (rys. 4). Zdolność chłonięcia wody przez nierozdrobnione chrupki wynosiła od 330% przy temp. ekstruzji 115/135/120°C do 236% w przypadku temp. 155/175/120°C. Odnotowano bardzo wysokie wartości WAI ekstrudowanej masy (rozdrobnionych chrupek). WAI ekstrudatów pozyskiwanych w temp. 115/135/120°C wynosiła odpowiednio 873% oraz 763% w przypadku temp. 155/175/120°C. Wyniki uzyskane według metody odciekowej wskazują, że stosowany 15-minutowy czas uwadniania próbek był zbyt krótki, nawet dla tak wyekspandowanych chrupek. Jest to typowe zachowanie się ekstrudatów produkowanych z udziałem nasion roślin strączkowych [12], bowiem wodochłonność produktu jest cechą zmienną, zależną od warunków prowadzenia procesu i zastosowanych surowców.

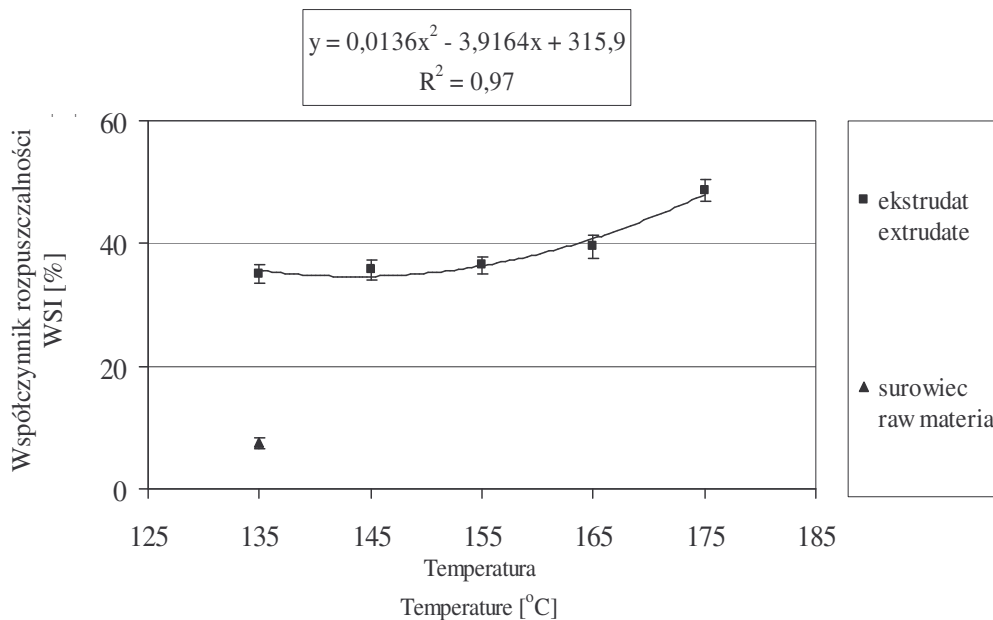




Rys. 4. Wpływ temperatury cylindra na wodochłonność ekstrudatów (wilgotność 13,5%, udział lędwianu 10%).

Fig. 4. The effect of barrel temperature on the WAI value of extrudates (moisture content: 13.5%, everlasting pea content: 10%).

Niezwykle istotnym parametrem jakościowym produktów wysokoprzetworzonych jest współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI). Produkty wysokoprzetworzone, szczególnie ekstrudowane, charakteryzują się bardzo wysoką wartością WSI przekraczającą nawet 50%. W badanych ekstrudatach, pozyskiwanych odpowiednio w temp. 115/135/120°C i 155/175/120°C, odnotowano wartości od 35 do 49% (rys. 5). Wyniki wskazują na znaczny wzrost WSI w wyniku termoplastycznej obróbki. Można to tłumaczyć degradacją polimerów skrobiowych zawartych w przetwarzanej mieszance, jak i rozpadem struktur błonnika nierozpuszczalnego. Należy jednak pamiętać, że w tym przypadku WSI mieszanki surowcowej jest już stosunkowo wysokie i wynosi 7,49%; WSI samej razówki lędwianowej wynosi 22,64% [15]. Zgodnie z oczekiwaniami zaobserwowano wzrost WSI ekstrudatów wraz ze wzrostem temperatury procesu. Tak wysokie wartości WSI z pewnością nie są cechą pozytywną produktu zbożowego i zapowiadają bardzo szybki proces trawienia i równie szybki proces wchłaniania jelitowego, a tym samym wysokie stężenie poposiłkowe glukozy we krwi.

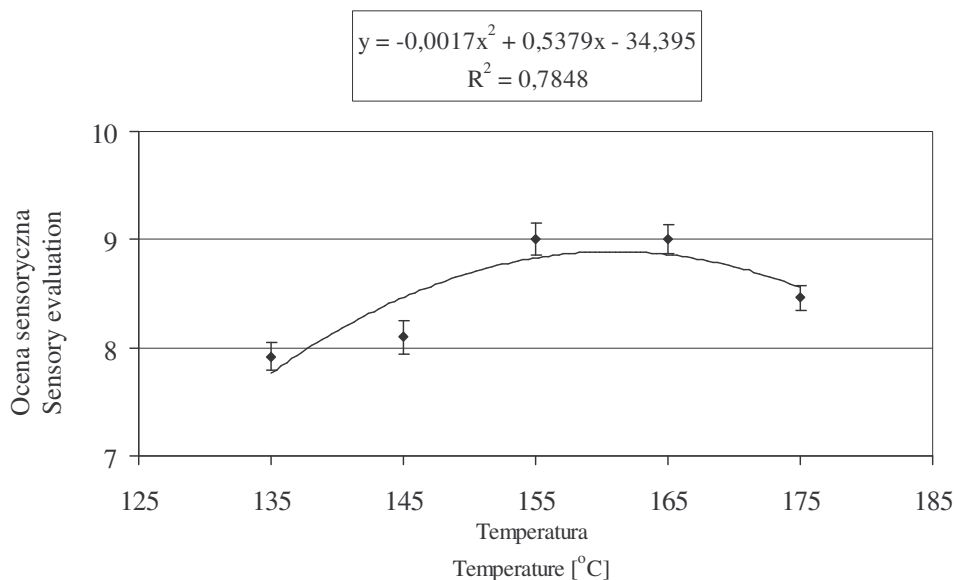


Rys. 5. Wpływ temperatury cylindra na współczynnik rozpuszczalności suchej masy ekstrudatów (wilgotność 13,5%, udział lędźwianu 10%).

Fig. 5. The effect of barrel temperature on the WSI of extrudates (moisture content: 13.5%, everlasting pea: 10%).

Przeprowadzono także sensoryczną ocenę uzyskanych ekstrudatów. Należy zaznaczyć, że w badaniach pilotażowych wyznaczono takie zakresy parametrów procesu i cech surowca, w których pozyskiwane ekstrudaty mogły być zaakceptowane jako produkt spożywczy. Najwyższe noty w wysokości 9 pkt uzyskały ekstrudaty pozyskiwane w temp. 135/155/120°C – 145/165/120°C (rys. 6). Produkty pozyskiwane w temperaturach. niższych cechowały się zbyt dużą szklistością struktury i otrzymywały niższe noty. Ekstrudaty pozyskiwane w temperaturach wyższych charakteryzowały się ciemniejszą barwą i wykazywały smak charakterystyczny dla ekstrudatów przegrzanych.

Zaprezentowane wyniki pozwalają nieco inaczej spojrzeć na dobór parametrów ekstruzji. Podnoszony przez wielu badaczy problem chorób cywilizacyjnych i notowana w ostatnich latach epidemia otyłości ma z pewnością swoje źródło nie tylko w wysokim spożyciu słodczy, napoi słodzonych, tłuszczów zwierzęcych, ale także z pewnością w wysokim spożyciu produktów ekstrudowanych, charakteryzujących się bardzo wysoką rozpuszczalnością suchej masy (przekraczającą nawet 50%). Taka sytuacja wymaga weryfikacji dotychczasowych poglądów i nowego spojrzenia na dobór zarówno parametrów procesu ekstruzji, jak również składu ekstrudowanych mieszanek.



Rys. 6. Wpływ temperatury cylindra na wyniki oceny sensorycznej chrupek (wilgotność 13,5%, udział lędwianu 10%).

Fig. 6. The effect of barrel temperature on the sensory evaluation of crisps (moisture content: 13.5%, everlasting pea content: 10%)

### Wnioski

1. Nasiona lędwianu siewnego mogą być cennym surowcem do produkcji ekstrudatów przeznaczonych do bezpośredniego spożycia.
2. Wzrost temperatury cylindra powodował spadek wydajności ekstrudera oraz spadek stopnia ekspandowania, gęstości właściwej i wodorochłonności ekstrudatu.
3. W miarę obniżania temperatury cylindra notowano znaczący spadek współczynnika rozpuszczalności suchej masy.
4. Zastosowanie 10% dodatku razówki lędwianowej umożliwia pozyskiwanie wysokiej jakości chrupek już przy rozkładzie temp. cylindra 135/155/120°C.
5. Najlepszą ocenę sensoryczną uzyskały próby otrzymane przy rozkładzie temperatury cylindra 135/155/120°C-145/165/120°C.

### Literatura

- [1] Aldoori W., Gio Vannucci E., Rockett H., Sampson L., Rimm E., Willett W.: A prospective study of dietary fiber types and symptomatic diverticular disease in men. *J. Nutr.*, 1997, **127/5**, 714.
- [2] Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC), 2000.
- [3] Colonna P., Tayeb J., Mercier C.: Extrusion cooking of starch and starchy products. Extrusion cooking. AACC, Inc. St. Paul, Minesota, USA, 1989, pp. 247-319.

- [4] Cichon R., Kozikowski W., Kłobukowski J., Fornal Ł.: Wpływ warunków ekstruzji na wartość odżywczą białka mieszanin mąki kukurydzianej z mąką gryczaną i białkiem mleka. *Acta Academiae Agriculturae AC Technicae Olstenensis*, 1993, **25**, 151-162.
- [5] Guy R.: *Extrusion cooking - Technologies and applications*. Woodhead Publishing, London, England 2001.
- [6] Jao C.Y., A.H. Chen, W.E. Goldstein: Evaluation of corn protein concentrate: extrusion study. *J. Food Sci.*, 1985, **50**, 1275-1280.
- [7] Liu Y., Hsieh F., Heymann H., Huff H.E.: Effect of process conditions on the physical and sensory properties of extruded oat-corn puff. *J. Food Sci.*, 2000, **65** (7), 1253-1259.
- [8] Obuchowski W., Nawrocka R.: Wpływ warunków procesu ekstruzji na zmiany w składnikach węglowodanowych przetwarzanego surowca. *Przeł. Piek. i Cuk.*, 1996, **3**, 31-33.
- [9] Rzedzicki Z.: New method of texture measurement of crisp food and feed. *Int. Agrophysics*, 1994, **8**, 661-670.
- [10] Rzedzicki Z.: Analiza metod pomiaru ekspandowania ekstrudatów. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 1996, **430**, 105.
- [11] Rzedzicki Z.: Możliwości zastosowania lędwianu w technologii ekstruzji. *Mat. Międzynarodowego Sympozjum Naukowego, Radom 1997*, s. 95-103.
- [12] Rzedzicki Z., Sobota A.: Badania nad procesem uwadniania ekstrudatów strączkowych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spoż.*, 1999, **1-2**, 17-22.
- [13] Rzedzicki Z., Szpryngiel B., Sobota A.: Estimation of some chosen physical properties of extrudates obtained from corn semolina and oat bran mixtures. *Int. Agrophysics*, 2000, **14** (2), 233-239.
- [14] Rzedzicki Z., Kasprzak M.: Wpływ wilgotności surowca na właściwości fizyczne ekstrudatów zbożowo-lędwianowych. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, **59** (1), 293-301.
- [15] Rzedzicki Z., Mysza A., Kasprzak M.: Badania nad metodą oznaczania współczynnika rozpuszczalności suchej masy. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, **59** (1), 323-328.
- [16] Sobota A.: *Badania procesu ekstruzji mieszanin o podwyższonej zawartości włókna pokarmowego*. Praca doktorska. AR, Lublin 2003.
- [17] Sridhar B.S., Manohar B.: Optimization of the continuously extruded unleavened flat bread (chapati) process. *Eur. Food Res. Technol.*, 2001, **212**, 477-486.
- [18] Van der Kamp J.W., N.G. Asp, J. Miller Jones, G. Schaafsma: *Dietary Fibre – bio-active carbohydrates for food and feed*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 2004.
- [19] Van Soest P. J.: 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, **46**, 829-835.
- [20] 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.

**THE EFFECT OF THERMOPLASTIC TREATMENT TEMPERATURE ON SOME SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF EXTRUDATES WITH EVERLASTING PEA WHOLE GRAIN MEAL ADDED (*LATHYRUS SATIVUS*)**

S u m m a r y

In the paper, there were presented results of the research into the effect of a barrel temperature profile on the extrusion process course, on the possibilities to stabilize the extrusion – cooking conditions, and on the potential to modify physical properties of corn extrudates with a whole grain meal of everlasting pea (*Lathyrus sativus*) added. The corn semolina was used as a basic structure-forming component. The mixtures of components were thermo-plastically processed (extruded) in a single screw extrusion cooker (L:D=12:1, D=45 mm, and the compression ratio = 3:1). In the extrudates obtained, there were determined: radial expansion ratio, specific density, texture, Water Absorption Index (WAI) of a non-

powdered extrudate, Water Absorption Index (WAI) of a powdered extrudate (extruded mass), and Water Solubility Index (WSI) of dry mass. It was confirmed that the assumed ranges of the process temperature permitted the employed extrusion cooker to stably work, although the rise in the temperatures from 115/135/120°C to 155/175/120°C produced a drop in the cooker's production capacity by about 25%. Furthermore, it was found that the extrusion temperature influenced physical properties of the extrudate. The increase in the barrel temperature from 115/135/120°C to 155/175/120°C caused the following: a decrease in the radial expansion ratio from 12.6 to 8.9, a decrease in the specific density from 75.2 kg/m<sup>3</sup> to 56.9 kg/m<sup>3</sup>; however, the very good texture of the extrudates remained unchanged and ranged from 0.3 to 0.35 J/g during the entire process. The final products produced had a very high Water Absorption Index (WAI) that was even as high as 873%. The extrusion – cooking process generated very strong changes in the Water Solubility Index (WSI) of dry mass; the changes in WSI escalated when the process temperatures rose; the increase in barrel temperature from 115/135/120°C to 155/175/120°C generated an increase in WSI from 35% up to even 49%. The sensory analysis results of the corn extrudates proved that if 10% of the whole grain meal of everlasting pea was added to the mixture, the extrusion-cooking temperature could be significantly decreased, and it was possible to obtain crisps, i.e. final extrusion-cooking products, of a very high quality even when the process temperatures were as low as 135/155/120°C.

**Key words:** extrusion-cooking, everlasting pea, whole grain meal, extrudate, physical properties 