

JAROSŁAW KORUS, DOROTA GUMUL, MAREK GIBIŃSKI

**WPŁYW EKSTRUZJI NA ZAWARTOŚĆ POLIFENOLI
I AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCĄ NASION FASOLI
ZWYCZAJNEJ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)**

Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ parametrów ekstruzji na skład i zawartość polifenoli oraz aktywność przeciwutleniającą nasion dwóch odmian fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). Badane odmiany zawierały przed ekstruzją 777–996 mg polifenoli ogółem w 100 g suchej masy. Zidentyfikowano następujące związki: mirycetynę, kwercetynę, kempferol, cyjanidynę oraz kwasy: chlorogenowy, kawowy, ferulowy i *p*-kumarowy. Po ekstruzji zmniejszyła się zawartość polifenoli ogółem (o 30-32%), jak również, w większości przypadków, zawartość poszczególnych związków. Najmniejsze straty przeciwutleniaczy stwierdzono w ekstrudatach otrzymanych przy nawilżeniu surowca do 20% i w temp. procesu 120°C. Aktywność przeciwutleniająca badanych odmian fasoli, mierzona w układzie β -karoten/kwas linolowy, kształtowała się na zbliżonym poziomie, zarówno przed, jak i po ekstruzji. Najbardziej niekorzystnie wpłynęły na tę cechę parametry ekstruzji: 20% wilgotności i temp. 180°C.

Słowa kluczowe: fasola, ekstruzja, polifenole, aktywność przeciwutleniająca

Wstęp

Nasiona fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) są bogatym źródłem nie tylko podstawowych składników odżywczych, ale zawierają także stosunkowo dużo przeciwutleniaczy. Prozdrowotne działanie tych związków wynika m.in. z unieczynniania wolnych rodników inicjujących procesy utleniania, chelatowania jonów metali katalizujących te procesy, hamowania enzymów oksydacyjnych [5, 7, 8, 11, 14, 19]. Do naturalnych przeciwutleniaczy zalicza się wiele różnych grup związków, wśród których największą stanowią polifenole. Do tych drugorzędowych metabolitów roślin należą kwasy fenolowe (hydroksybenzoesowe i hydroksycynamonowe), flawonoidy (flawonole, flawony, flawanole), taniny niehydrolizujące (procyjanidyny) i inne [3, 8, 10, 13, 14, 20].

Dzięki spożywaniu żywności bogatej w przeciwutleniacze zmniejsza się podatność organizmu na choroby serca i układu krążenia, różne formy raka, wolniej zachodzą także zmiany degeneracyjne wywołane starzeniem organizmu [8, 16]. Według Schneider [17], czynnikiem ograniczającym spożycie nasion roślin strączkowych jest długi czas ich obróbki kulinarnej oraz brak na rynku nowych produktów typu ready-to-eat. Wiadomo, że procesy przetwórcze w różny sposób wpływają na zawartość przeciwutleniaczy i tym samym aktywność przeciwutleniającą otrzymanych produktów – aktywność produktów może być wyższa lub niższa niż surowca [4, 8, 12].

Celem badań było określenie wpływu parametrów ekstruzji na zawartość polifenoli oraz aktywność przeciwutleniającą suchych nasion fasoli.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były nasiona dwóch nowych polskich odmian fasoli (wpisane do rejestru COBORU w 2005 r.), o różnym zabarwieniu okrywy nasiennej: czerwonym – Augusta i czarnym – Nigeria, które pochodziły z Zakładu Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego PlantiCo w Szymanowie. Nasiona do badań rozdrabniono w młynku Pulverisette 14 firmy Fritsch i nawilżano do 14 lub 20% wilgotności. Ekstruzję prowadzono w ekstruderze jednoślindakowym 20DN firmy Brabender. Stosowano dwa profile temperaturowe w poszczególnych sekcjach ekstrudera: 80/100/120°C i 120/160/180°C.

Przygotowanie ekstraktów

Zmieloną próbkę w ilości 1 g ekstrahowano początkowo 40 cm³ 0,16 M HCl w 80% metanolu (v/v) przez 2 godz., z delikatnym mieszaniem w wytrząsarce z łaźnią wodną o temp. 20 ±2°C (typ WB 22 firmy Memmert). Następnie próbki wirowano (4000 x g), supernatant zachowywano, a osad ponownie ekstrahowano w podanych warunkach 40 cm³ 70% wodnego roztworu acetonu (v/v). Po odwirowaniu (jak wyżej) oba ekstrakty łączono i przechowywano w temp. -20°C.

Ogólna zawartość polifenoli

Ogólną zawartość polifenoli oznaczano według Heimler i wsp. [5]. Do 0,125 cm³ ekstraktu dodawano 0,5 cm³ dejonizowanej wody i 0,125 cm³ odczynnika Folina-Ciocalteu'a (Fluka), a po 6 min 1,25 cm³ 7% wodnego roztworu Na₂CO₃ i 1 cm³ dejonizowanej wody. Po 90 min odczytywano absorbancję przy długości fali λ=760 nm wobec wody (Helios γ spectrophotometer Thermo Electron Corp.). Wyniki wyrażano w mg kwasu galusowego/100 g s.m. próbki.

Analiza HPLC polifenoli po hydrolizie enzymatycznej

Do 0,5 g zmielonej próbki dodawano mieszaninę enzymów (Drum pektynaza 263, Seclin, Francja; β -glukozydaza; Hesperydinaza; Sulfataza typ H-2, Sigma) rozpuszczonych w 5 cm³ buforu cytrynianowego o pH 5,5 i poddawano inkubacji w łaźni wodnej o temp. 40°C przez 1 godz., po czym pozostawiano na 20 godz. w ciemni, w temp. pokojowej, w celu przeprowadzenia hydrolizy enzymatycznej. Po tym czasie do próbek dodawano 5 cm³ czystego metanolu i wstawiano na 10 min do łaźni ultradźwiękowej. Po odwirowaniu w wirówce laboratoryjnej próbki poddawano analizie chromatograficznej.

Związki fenolowe oznaczano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC w chromatografii cieczowej z detektorem diodowym Merck-Hitachi L-7455. Detektor współpracował z pompą L-7100 i systemem mieszania odczynników D-7000 HSM Multisolvent Delivery System. Rozdział prowadzono w kolumnie LiChroCART® 125-3 Purospher® RP-18 (5 μ m) Merck, którą termostatowano w temp. 30°C. Jako eluent użyto 80% roztwór acetonitrylu w 4,5% kwasie mrówkowym (odczynnik A) i 2,5% kwas octowy (odczynnik B), przy przepływie 1 cm³/min, wg gradientu: stężenie odczynnika A zwiększano liniowo od 0 do 7 min w zakresie od 0 do 15%, następnie od 8 do 15 min stężenie odczynnika A zwiększano do 20% i od 16 min do końca analizy – do 100%. Po 10 min wymywania kolumny przy 100% stężeniu odczynnika A i 0% odczynnika B, stężenie roztworu A obniżano do 0% celem stabilizacji kolumny przez 10 min, do następnego podania próbki. W czasie analizy roztwory były odgazowywane w urządzeniu firmy Merck. Rejestrację prowadzono przy $\lambda = 320$ nm – fenolokwasy, 340 nm – flawonony, 360 nm – flawonole i 520 nm – antocyjany. Związki identyfikowano na podstawie widm w zakresie od 200 do 600 nm oraz czasów retencji porównywanych z wzorcami. Wyniki podano w mg/100 g suchej masy próbek.

Aktywność przeciwutleniająca w układzie β -karoten/kwas linolowy

Oznaczenie wykonano według Al-Saikhana i wsp. [1]: 4 mg β -karotenu (Sigma) rozpuszczano w 40 cm³ chloroformu, następnie pobierano 3 cm³ i dodawano 40 mg kwasu linolowego (Fluka) oraz 400 mg odczynnika Tween 40 (Sigma). Chloroform odparowywano pod zmniejszonym ciśnieniem (pompa próżniowa, typ PL-2, AGA-labor) w temp. $45 \pm 2^\circ\text{C}$ ogrzewając próbkę w łaźni wodnej. Do otrzymanej emulsji dodawano 100 cm³ 10% H₂O₂ (v/v), następnie pobierano 3 cm³ i dodawano 0,12 cm³ badanych ekstraktów. Próbki umieszczano w łaźni wodnej o temp. $50 \pm 2^\circ\text{C}$ i co 10 min mierzono absorbancję przy długości fali $\lambda = 470$ nm. Próbka kontrolna zawierała 0,12 cm³ wody destylowanej zamiast ekstraktu. Aktywność przeciwutleniającą AA obliczano według Al-Saikhana i wsp. [1], zaś współczynnik utlenienia ORR według Oomaha i wsp. [15].

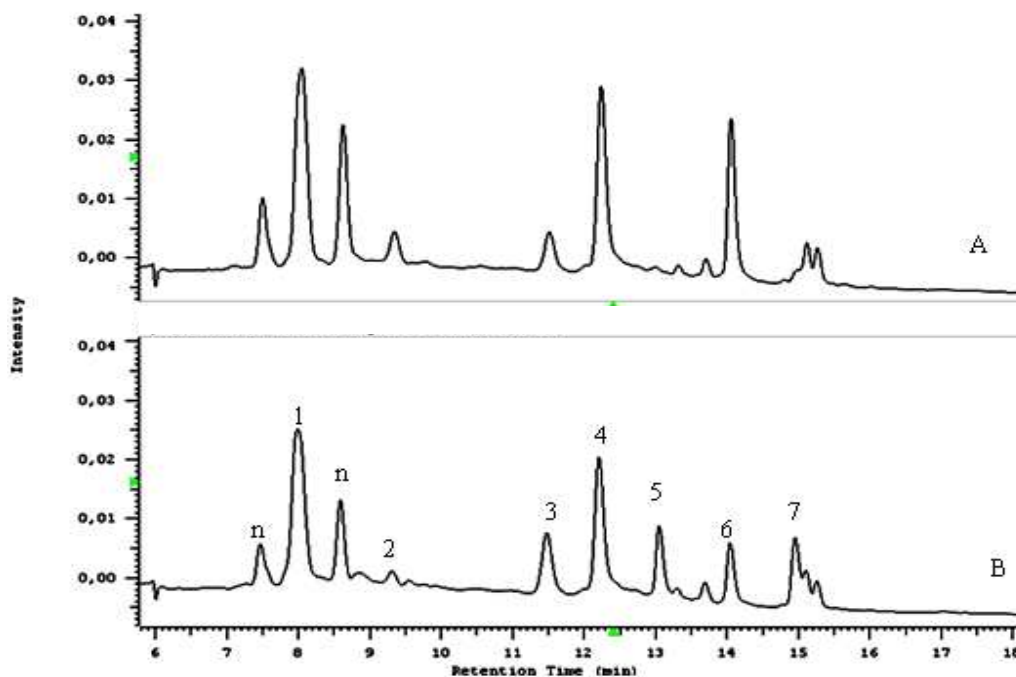
Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej testem F Snedecora i t-Studenta. Najmniejszą istotną różnicę (NIR) obliczano na poziomie $p=0,01$.

Wyniki i dyskusja

Zawartość polifenoli ogółem oraz poszczególnych składników zamieszczono w tab. 1. Suche nasiona fasoli odmiany Augusta zawierały 996 mg polifenoli ogółem (w przeliczeniu na kwas galusowy) w 100 g s.m., co było wartością o około 28% wyższą w stosunku do drugiej badanej odmiany. Wartości te są trudne do porównania z danymi literaturowymi ze względu na stosowane przez innych autorów różne metody ekstrakcji, oznaczania i wyrażania wyników. W celu łatwiejszego porównania wyników ujednolicono skalę, przeliczając dane innych autorów na 100 g produktu. Oomah i wsp. [15] podają zawartość polifenoli w sześciu badanych odmianach fasoli w zakresie 328–1661 mg katechiny. Z kolei Vinson i wsp. [18] uzyskali zawartość polifenoli na poziomie 3590 μM katechiny (1042 mg) w fasoli 'Kidney' i 3190 μM katechiny (926 mg) w 'Pinto'. Wu i wsp. [21] oznaczyli w różnych odmianach fasoli od 223 mg do 1247 mg polifenoli, w przeliczeniu na kwas galusowy. Heimler i wsp. [5] stwierdzili w badanych 12 włoskich odmianach fasoli od 117 do 440 mg polifenoli, jako kwas galusowy. Oprócz samej metody oznaczania bardzo istotny jest także sposób ekstrakcji polifenoli z badanego materiału. Amarowicz i wsp. [2] oznaczyli w zależności od stosowanego roztworu ekstrakcyjnego zawartość polifenoli w tej samej próbce soczewicy w granicach 292–721 mg/100 g. Uzyskane wyniki są zbliżone do podanych przez Wu i wsp. [21], którzy stosowali, podobnie jak w niniejszej pracy, ekstrakcję dwustopniową.

Fasola odmiany Augusta zawierała więcej niż 'Nigeria' kwercetyny, kwasu chlorogenowego, kawowego, ferulowego, natomiast 'Nigeria' była zasobniejsza w kempferol i kwas *p*-kumarowy, a dodatkowo zawierała nieobecne w nasionach 'Augusty' mirycetynę i cyjanidynę (rys. 1, tab. 1). Zidentyfikowane związki polifenolowe stanowią łącznie tylko część polifenoli ogółem oznaczonych przy użyciu odczynnikam Folina-Ciocalteu'a. Rozbieżność wynika z tego, że w skład polifenoli wchodzi także frakcje, których nie oznaczano chromatograficznie, np. taniny skondensowane, a niektórych związków widocznych na chromatogramach nie udało się zidentyfikować. Ponadto metoda spektrofotometryczna jest mniej dokładna od analizy chromatograficznej, gdyż stosowany w niej odczynnik może reagować nie tylko z polifenolami, ale także innymi związkami, np. białkami, co dodatkowo wpływa na podwyższenie wyniku.



1 – kwas chlorogenowy / chlorogenic acid, 2 – kwas kawowy / caffeic acid, 3 – kwas *p*-kumarowy / *p*-coumaric acid, 4 – kwas ferulowy / ferulic acid, 5 – mirycetyna / myricetin, 6-kwercetyna / quercetin, 7-kempferol / kaempferol, n – związki niezidentyfikowane / n – not identified compounds.

Rys. 1. Chromatogramy HPLC kwasów fenolowych (320 nm) i flawonoli (360 nm) w ekstraktach fasoli odmiany Augusta (A) i Nigeria (B).

Fig. 1. HPLC chromatograms of phenolic acids (320 nm) and flavonols (360 nm) in Augusta (A) and Nigeria (B) bean extracts.

Po ekstruzji zawartość polifenoli ogółem w obu odmianach fasoli zmniejszyła się w podobnym stopniu, średnio przy wszystkich parametrach ekstruzji o 32% w 'Auguście' i 30% w 'Nigerii'. Spośród poszczególnych parametrów ekstruzji najmniejsze straty polifenoli stwierdzono przy nawilżeniu surowca przed procesem do 20% i temp. procesu 120°C. W podanych warunkach straty w fasoli odmiany Augusta wyniosły 21% (w pozostałych parametrach ekstruzji 32-38%), a w nasionach odmiany Nigeria odpowiednio 21 i 28-37%. Biorąc pod uwagę temperaturę ekstruzji wyższe straty zanotowano w temp. 180°C, średnio w obu odmianach 34% wobec 27% w temp. 120°C. Wyższy stopień nawilżenia nasion przed procesem sprzyjał zachowaniu większej ilości polifenoli. Średnie straty polifenoli w obu odmianach przy nawilżeniu materiału do 14% wyniosły w stosunku do surowca 34%, a przy 20% wilgotności – 27%. Wynika z tego, że niższa temperatura procesu ekstruzji, jak i wyższa zawartość wody w surowcu wpływają na mniejszy spadek zawartości polifenoli. Podobną

zależność w odniesieniu do składu chemicznego ekstrudowanej fasoli stwierdzili także Ismail i Zahran [6] oraz Korus i wsp. [9].

Tabela 1

Zawartość zidentyfikowanych polifenoli oraz polifenoli ogółem w suchych nasionach fasoli i ekstrudatach [mg/100 g s.m.].

Content of total phenolics and phenolic compounds in raw bean seeds and their extrudates [mg/100 g d.m.].

Składniki Phenolic	Nasiona fasoli odmiany Augusta Augusta variety bean seeds					Nasiona fasoli odmiany Nigeria Nigeria variety bean seeds				
	S*	14**/120***	20/120	14/180	20/180	S	14/120	20/120	14/180	20/180
Mirycetyna Myricetin	-	-	-	-	-	11,50 c	11,59 c	9,04 a	9,95 b	8,74 a
Kwercetyna Quercetin	21,58 d	19,69 c	18,49 b	17,55 a	18,42 b	9,18 b	8,40 b	6,83 a	6,60 a	6,34 a
Kempferol Kaempferol	1,10 a	1,13 a	1,48 a	1,16 a	1,05 a	9,68 c	10,02 c	8,72 b	8,50 ab	7,67 a
Kwas chlorogenowy chlorogenic acid	21,89 d	16,53 ab	18,41 c	15,78 a	17,12 b	19,47 e	13,39 b	18,53 d	11,65 a	16,20 c
Kwas kawowy Caffeic acid	1,59 a	1,43 a	1,52 a	1,42 a	1,49 a	0,67 a	0,62 a	0,53 a	0,54 a	0,66 a
Kwas ferulowy Ferulic acid	6,91 a	7,22 a	7,40 a	7,25 a	7,21 a	5,82 bc	6,20 c	4,46 a	5,89 bc	5,13 ab
Kwas p-kumarowy p-Coumaric acid	1,84 a	1,83 a	1,83 a	1,85 a	1,86 a	2,96 b	2,91 b	3,05 c	2,74 a	3,20 d
Cyjanidyna Cyanidin	-	-	-	-	-	26,17 d	5,44 c	0,15 a	1,61 b	0,15 a
Ogółem Total	996 d	621 a	784 c	674 b	647 ab	777 e	559 c	615 d	488 a	521 b

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* S – surowiec / raw seeds,

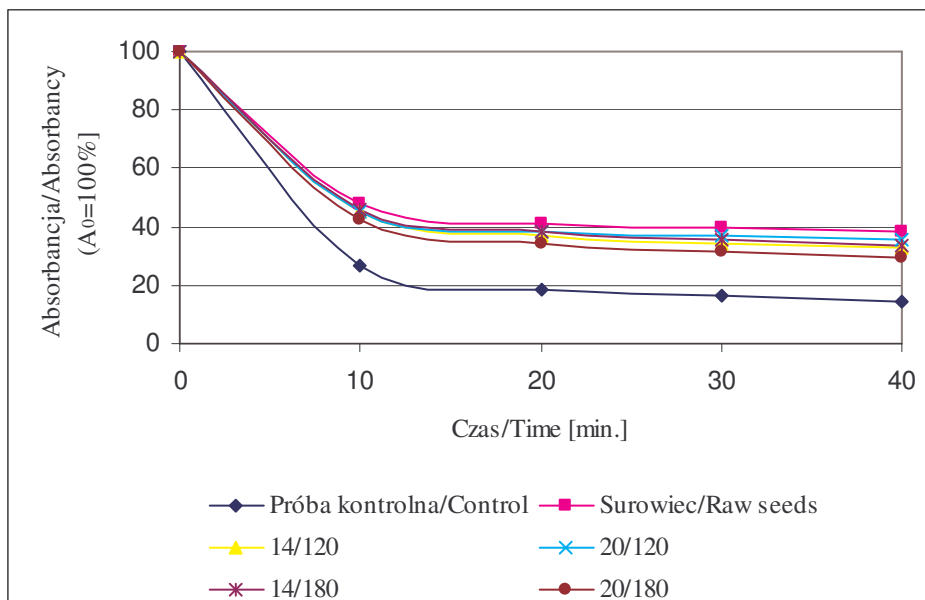
** 14, 20 - wilgotność ekstrudowanego materiału / initial humidity of extruded materials [%],

*** 120, 180 – temp. ekstruzji / extrusion temperature [°C],

- nie stwierdzono/not detected,

- składniki oznaczone w rzędach różnymi literami różnią się w obrębie odmian statystycznie istotnie (NIR_{p=0,01}) / compounds in rows marked with different letters is statistically different within varieties (LSD_{p=0,01}).

Zawartość poszczególnych związków polifenolowych w większości przypadków zmniejszyła się w wyniku ekstruzji (tab. 1). Najbardziej zmniejszyła się zawartość cyjanidyny w nasionach odmiany Nigeria – średnio ekstrudaty zawierały 93% mniej tego składnika w stosunku do materiału wyjściowego. Duże straty wystąpiły także w przypadku kwasu chlorogenowego, średnio w obu odmianach 23%, przy czym kwercetyny – 19% i mirycetyny w nasionach odmiany Nigeria – 14%.



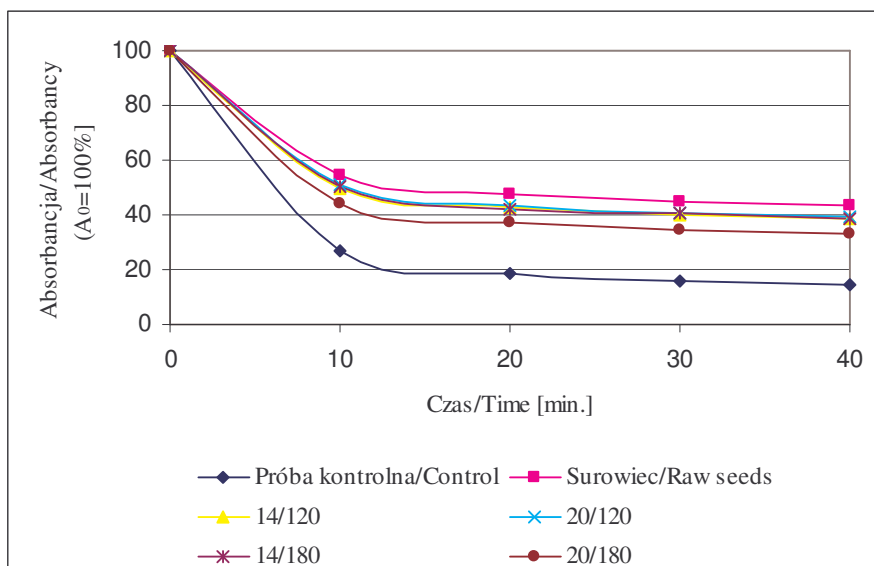
A_0 = absorbancja wyjściowa próbki / initial absorbance of sample; 14, 20 - wilgotność ekstrudowanego materiału [%] / initial humidity of extruded materials [%]; 120, 180 – temperatura ekstruzji [°C] / extrusion temperature [°C]

Rys. 2. Aktywność przeciwutleniająca nasion i ekstrudatów z fasoli odmiany Augusta (wyższa wartość absorbancji wskazuje na wyższą aktywność przeciwutleniającą).

Fig. 2. Antioxidant activity of raw bean seeds var. Augusta and their extrudates (higher absorbancy indicated stronger antioxidant activity).

Dynamika zaniku barwy β -karotenu wskazuje na mniejszą aktywność przeciwutleniającą ekstrudatów w porównaniu z surowcem (rys. 2 i 3). W obu odmianach najwyższą aktywność wykazywały surowe nasiona fasoli, a najniższą ekstrudaty uzyskane w temp. 180°C i 20% wilgotności. Aktywność przeciwutleniająca pozostałych ekstrudatów kształtowała się na zbliżonym poziomie. Nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy obu odmianami, choć nieco wyższą aktywność miały surowe nasiona 'Nigerii' i uzyskane z nich ekstrudaty (tab. 2). W obu odmianach najwyższą wartość aktywności przeciwutleniającej wykazywał materiał wyjściowy, a najniższą – ekstrudaty 20%/180°C. Aktywność przeciwutleniająca ekstrudatów uzyskanych w pozostałych parametrach nie różniła się statystycznie.

Odwrotna tendencja wystąpiła w przypadku stopnia rozkładu β -karotenu ORR. Najwyższe wartości ORR wykazano w ekstrudatach 20%/180°C, a najniższe w surowcu.



Objaśnienia jak na rys. 2 / Explanatory notes the same as on Fig. 2.

Rys. 3. Aktywność przeciwutleniająca nasion i ekstrudatów z fasoli odmiany Nigeria (wyższa wartość absorbancji wskazuje na wyższą aktywność przeciwutleniającą).

Fig. 3. Antioxidant activity of raw bean seeds var. Nigeria and their extrudates (higher absorbancy indicated stronger antioxidant activity).

Tabela 2

Aktywność przeciwutleniająca (AA) i współczynnik utlenienia β -karotenu (ORR) badanych nasion i ekstrudatów z fasoli.

Antioxidant activity and β -carotene oxidation rate (ORR) of bean seeds and extrudates.

Próbka Sample	Nasiona fasoli odmiany Augusta Augusta variety bean seeds		Nasiona fasoli odmiany Nigeria Nigeria variety bean seeds	
	AA	ORR	AA	ORR
S*	47,5 c	0,525 a	55,6 c	0,444 a
14/120	45,6 bc	0,544 ab	49,6 b	0,504 b
20/120	43,7 b	0,563 b	50,4 b	0,496 b
14/180	42,5 b	0,575 b	49,6 b	0,504 b
20/180	38,2 a	0,618 c	40,6 a	0,594 c

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* surowiec / raw seeds,

- składniki oznaczone różnymi literami różnią się w obrębie odmian statystycznie istotnie ($NIR_{p=0,01}$),

- compounds marked with different letters is statistically different within varieties ($LSD_{p=0,01}$),

14, 20 – wilgotność ekstrudowanego materiału / initial humidity of extruded materials [%],

120, 180 – temperatura ekstruzji / extrusion temperature [$^{\circ}$ C].

Wnioski

1. Najmniejsze straty polifenoli ogółem, wynoszące średnio 21%, w nasionach fasoli odmian Augusta i Nigeria, spowodowała ekstruzja materiału nawilżonego do 20%, prowadzona w temp. 120°C.
2. Spośród zidentyfikowanych polifenoli najbardziej podatna na rozkład podczas ekstruzji okazała się cyjanidyna, której straty sięgały 99%.
3. Proces ekstruzji spowodował obniżenie aktywności przeciwutleniającej fasoli. Największe obniżenie aktywności przeciwutleniającej stwierdzono, stosując parametry ekstruzji: 20% wilgotności i temp. 180°C.

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

Literatura

- [1] Al-Saikhan M.S., Howard L.R., Miller J.C.: Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). J. Food Sci., 1995, **60** (2), 341-343, 347.
- [2] Amarowicz R., Piskula M., Honke J., Rudnicka B., Troszyńska A., Kozłowska H.: Extraction of phenolic compounds from lentil seeds (*Lens culinaris*) with various solvents. Pol. J. Food Nut. Sci., 1995, **4/45** (3), 53-61.
- [3] Cheynier V.: Polyphenols in foods are more complex than often thought. Am. J. Clinic. Nutr., 2005, **81** Suppl., 223S-229S.
- [4] Grajek W.: Zmiany potencjału przeciwutleniającego surowców roślinnych w procesach przetwórczych i w czasie trawienia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2003, **4** (37), 26-35.
- [5] Heimler D., Vignolini P., Dini M.G., Romani A.: Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. J. Agric. Food Chem. 2005, **53**, 3053-3056.
- [6] Ismail F.A., Zahran G.H.: Studies on extrusion conditions of some cereals and legumes. Egyptian J. Food Sci., 2002, **30** (1), 59-76.
- [7] Joseph J.A., Shukitt-Halle B., Casadesus G.: Reversing the deleterious effects of aging on neuronal communication and behavior: beneficial properties of fruit polyphenolic compounds. Am. J. Clinic. Nutr., 2005, **81** Suppl., 313S-316S.
- [8] Kaur C., Kapoor H.C.: Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. Int. J. Food Sci. Technol., 2001, **36**, 703-725.
- [9] Korus J., Gumul D., Achremowicz B.: The influence of extrusion on chemical composition of dry seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Elec. J. Pol. Agric. Univ., 2006, **9**, (w druku).
- [10] Kusznierewicz B., Wolska L., Bartoszek A., Namieśnik J.: Charakterystyka polifenoli: występowanie, właściwości, przegląd metod analitycznych. Bromat. Chem. Toksykol., 2005, **XXXVIII**, 81-92.
- [11] Lambert J.D., Hong J., Yang G., Liao J., Yang C.S. : Inhibition of carcinogenesis by polyphenols : evidence from laboratory investigations. Am. J. Clinic. Nutr., 2005, **81** Suppl., 284S-291S.
- [12] Nicoli M.C., Anese M., Parpinel M.: Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends Food Sci. Technol., 1999, **10**, 94-100.
- [13] Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G.: Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Sci., 1997, **2** (4), 152-159.
- [14] Rosicka-Kaczmarek J.: Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. Przeg. Piek. Cuk., 2004, 12-16.

- [15] Oomah B.D., Cardador-Martinez A., Loarca-Piña G.: Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L). J. Sci. Food Agric., 2005, **85**, 935-942.
- [16] Scalbert A., Johnson I.T., Salmarsh M.: Polyphenols: antioxidants and beyond. Am. J. Clinic. Nutr., 2005, **81** Suppl., 215S-217S.
- [17] Schneider A. V. C.: Overview of the market and consumption of pulses in Europe. Br. J. Nutr., 2002, **88** Suppl. 3, S243-S250.
- [18] Vinson J.A., Hao Y., Su X., Zubik L.: Phenol antioxidant quantity and quality in foods : vegetables. J. Agric. Food Chem. 1998, **46**, 3630-3634.
- [19] Vita J.A.: Polyphenols and cardiovascular disease: effects on endothelial and platelet function. Am. J. Clinic. Nutr., 2005, **81** Suppl., 292S-297S.
- [20] Wiczkowski W., Piskula M.K.: Food flavonoids. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **13** (54), 101-114.
- [21] Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L.: Lipophylic and hydrophylic antioxidant capacities of common foods in the United States. J. Agric. Food Chem., 2004, **52**, 4026-4037.

INFLUENCE OF EXTRUSION ON PHENOLICS CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

S u m m a r y

The influence of extrusion parameters on changes in phenolics amount and composition as well as antioxidant activity of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was presented. Total phenolics in varieties varied from 777 to 996 mg/100g d.b. Myricetin, quercetin, kaempferol, cyanidin, chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid and *p*-coumaric acid were identified. Content of total phenolics decreased during extrusion about 30–32%. Also, content of the majority of phenolic compounds was lowered after extrusion in comparison to raw seeds. The lowest losses of phenolics was observed in extrudates obtained of processing parameters: 20% initial humidity, temperature 120°C. Antioxidant activity, evaluated in β -carotene/linoleic acid model system, both raw seeds and extrudates were similar in two investigated varieties. The highest decrease of antioxidant activity was observed in extrudates obtained with parameters 20% humidity and temperature 180°C.

Key words: bean, extrusion, phenolics, antioxidant activity ☒