

MARIAN REMISZEWSKI, MAŁGORZATA KULCZAK, KRZYSZTOF
PRZYGOŃSKI, EUGENIUSZ KORBAS, MARIA JEŻEWSKA

**ZMIANY AKTYWNOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCEJ NASION
FASOLI KOLOROWEJ ‘RED KIDNEY’ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)
POD WPLYWEM RÓŻNYCH FORM OBRÓBKI
HYDROTHERMICZNEJ**

Streszczenie

Celem badań było prześledzenie zmian właściwości przeciwutleniających nasion fasoli ‘Red Kidney’, podczas ich obróbki hydrotermicznej, związanej z przetwarzaniem nasion na mąkę instant, z zastosowaniem gotowania, parowania pod ciśnieniem i ekstruzji.

W suchych nasionach i po kolejnych etapach obróbki hydrotermicznej oznaczano zawartość polifenoli oraz aktywność przeciwutleniającą metodami z ABTS i DPPH. Przeprowadzono też analizę sensoryczną uzyskanych mąk instant.

Stwierdzono, że wszystkie procesy przetwarzania nasion na mąkę powodowały zmniejszenie zawartości polifenoli oraz obniżenie aktywności przeciwutleniającej w produktach finalnych. Najmniejsze straty, wynoszące około 20–25% w stosunku do surowca, obserwowano w procesie ekstruzji. Właściwości przeciwutleniające mąk instant, otrzymanych metodami gotowania i parowania były porównywalne.

Najatrakcyjniejsza sensorycznie okazała się mąka uzyskana metodą parowania.

Słowa kluczowe: fasola kolorowa, polifenole, aktywność przeciwutleniająca, parowanie, gotowanie, ekstruzja

Wprowadzenie

Polifenole – nieodżywcze substancje pochodzenia roślinnego stanowią największą grupę naturalnych przeciwutleniaczy, bardzo zróżnicowanych pod względem struktury i właściwości. Bioaktywność tych związków można powiązać z ich zdolnością do przerywania reakcji wolnorodnikowej (wygaszania wolnych rodników). Polifenole, tworząc rodniki o wysokiej stabilności są mało reaktywne, co decyduje o ich właściwościach przeciwutleniających. Duże ich ilości znajdują się w herbacie, winie, owo-

*Doc. dr inż. M. Remiszewski, dr inż. M. Kulczak, dr K. Przygoński, inż. E. Korbas, mgr inż. M. Jeżewska
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie, Oddział Koncentratów w Poznaniu,
ul. Starołęcka 40, 61-361 Poznań*

cach czy warzywach krzyżowych [22]. Zawartość polifenoli w roślinach uzależniona jest od wielu czynników: odmiany, miejsca uprawy, rodzaju gleby [15, 20]. Źródłem polifenoli są również rośliny strączkowe. Dominującymi polifenolami w ich nasionach są taniny oraz należące do flawonoli: kwercetyna i kempferol. Związki te zgromadzone są, przede wszystkim, w okrywach nasiennych strączkowych, przy czym np. w fasoli kolorowej może ich być nawet kilkanaście razy więcej niż w białej [10, 18, 20].

Suche nasiona roślin strączkowych, jako produkty wysoko skrobiowe, wymagają odpowiedniego przetworzenia w celu uzyskania produktu przeznaczonego do spożycia. Najczęstszą formą ich obróbki jest gotowanie [21]. W warunkach przemysłowych, w celu uzyskania szerszego asortymentu produktów z nasion strączkowych (mąki, produktów typu snack, produktów fermentowanych) stosuje się różne zabiegi np. parowanie pod zwiększonym ciśnieniem, ekstruzję czy procesy biotechnologiczne, które w istotny sposób wpływają na zawartość i aktywność biologiczną przeciwutleniaczy w uzyskiwanych produktach. Liczne badania wskazują na znaczne zmniejszenie właściwości przeciwutleniających produktów pod wpływem drastycznych zabiegów termicznych i hydrotermicznych, takich jak: sterylizacja, ekstruzja, długotrwałe gotowanie i in. [1, 2, 7, 11, 15, 17]. Powyższe zabiegi technologiczne w różnym stopniu wpływają na obniżenie aktywności przeciwutleniającej przetwarzanych surowców. Brak jest jednak prac, w których porównano by, który sposób obróbki jest najkorzystniejszy dla zachowania tych właściwości w przypadku określonego materiału badawczego, np. tej samej odmiany fasoli.

W związku z powyższym, w niniejszej pracy podjęto badania, których celem była ocena zmian właściwości przeciwutleniających nasion fasoli krajowej odmiany kolorowej 'Red Kidney' podczas ich przetwarzania na mąkę instant metodami gotowania, parowania i ekstruzji.

Materiał i metody badań

Suche nasiona fasoli kolorowej 'Red Kidney' zakupiono w sieci handlu detalicznego. Przetwarzano je na mąkę instant, stosując trzy różne formy obróbki technologicznej: gotowanie, parowanie i ekstruzję. Dwie pierwsze formy obróbki technologicznej nasion obejmowały etapy: moczenie (3-krotna objętość wody w stosunku do surowca - próby zalewano wrzącą wodą i pozostawiano na 2,5 godz. w temp. pokojowej), obróbkę termiczną metodą parowania (po usunięciu wody z moczenia fasoli, autoklaw laboratoryjny – ciśnienie 0,1 MPa, temp. 121°C, czas 45 min) lub metodą gotowania (w wodzie z moczenia fasoli – czas 1 godz.), a następnie rozdrabnianie (urządzenie typu wilk), suszenie w suszarce fluidyzacyjnej (temp. 60°C, czas 30 min) i mielenie na mąkę (młynek młotkowy, wielkość cząstek $\leq 0,3$ mm). Trzecia z zastosowanych form obróbki - ekstruzja obejmowała rozdrabnianie suchych nasion (młyn młotkowo-bijakowy, wielkość cząstek 4–5 mm), nawilżanie ich wodą do ok. 20%

i kondycjonowanie (1 godz.), właściwy proces ekstruzji w ekstruderze jednoślিমakowym S-45 Metalchem - Gliwice (temp. 130-140/160–165/170°C w poszczególnych sekcjach, obroty ślimaka – 110–120 obr./min) i mielenie uzyskanego ekstrudatu na mąkę (młynek młotkowy, wielkość cząstek $\leq 0,3$ mm).

Obróbkę technologiczną prowadzono na 2-kilogramowych próbach surowca w Zakładzie Doświadczalnym Oddziału Koncentratów IBPRS. Badania wykonano w 3 powtórzeniach.

W suchych nasionach oraz po kolejnych etapach obróbki technologicznej wykonywano oznaczenia metodami spektrofotometrycznymi:

- zawartości sumy polifenoli (w przeliczeniu na kwas galusowy - GAE) według Singletona i Rossiego [19] z wykorzystaniem reakcji z odczynnikiem fenolowym Folina i Ciocalteu'a,
- aktywności przeciwutleniającej (w przeliczeniu na Trolox) wobec odczynnika ABTS według Re i wsp. [16] i wobec odczynnika DPPH według Nuutila i wsp. [12] oraz Chu i wsp. [4].

Ekstrakcję związków fenolowych do ww. oznaczeń przeprowadzono poprzez wytrząsanie 1g zmielonej na mąkę próby (wielkość cząstek $\leq 0,3$ mm) z 10 ml 70% (v/v) wodnego roztworu acetonu w temp. 20°C (ekstrakcja jednokrotna). Oznaczenia wykonywano w 2 powtórzeniach.

Wyniki opracowano statystycznie przy użyciu programu Statistica 5. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem F Snedecora na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Przeprowadzono również analizę sensoryczną uzyskanych mąk, oceniając ich wygląd, zapach, smak i konsystencję [14]. Zastosowano 5-punktową skalę ocen. Zespół oceniający składał się z 6 osób.

Wyniki i dyskusja

Nasiona fasoli 'Red Kidney' poddawane obróbce technologicznej z wykorzystaniem metody parowania i gotowania pochodziły z partii roślin uprawianych w 2004 r., a z wykorzystaniem ekstruzji – z 2005 r. Jak wynika z danych przedstawionych w tab. 1., zawartość sumy polifenoli w surowcu pochodzącym z różnych partii (2004, 2005) była różna. Wyniki te znajdują potwierdzenie w danych literaturowych, wskazujących na zależność poziomu zawartości polifenoli w strączkowych od odmiany, miejsca i czasu uprawy [5, 6, 13]. Np. zawartość flawonoidów badanych przez Dinelli i wsp. [5] w tych samych 3 odmianach fasoli, pochodzących z upraw w latach 2001–2003 różniła się o 20–50% zależnie od odmiany i roku uprawy. Także Oomah i wsp. [13], badając 6 odmian fasoli (pochodzącej z tego samego źródła) w latach 1999 i 2000, stwierdzili o ok. 30% większą zawartość polifenoli w 2000 roku, sugerując, że przyczyną tego mogły być panujące wówczas bardziej suche warunki atmosferyczne.

Proces obróbki termicznej badanej fasoli metodą parowania i gotowania wpłynął na znaczne zmniejszenie zawartych w niej polifenoli (tab. 1). Zmiany zawartości tych związków, statystycznie istotne ($p < 0,05$), notowano po namoczeniu surowca, po procesach termicznych (gotowaniu lub parowaniu) i po zmieleniu nasion na mąkę. Zmiany zawartości polifenoli obserwowane w mąkach instant w przypadku obu zastosowanych form obróbki technologicznej badanej fasoli były porównywalne. Suma polifenoli w mąkach po parowaniu i gotowaniu wynosiła odpowiednio 1,63 mg GAE/g s.m. i 1,82 mg GAE/g s.m. Zawartość polifenoli w nasionach poddanych obróbce termicznej metodą ekstruzji również uległa zmniejszeniu (tab. 1). Zawartość polifenoli w surowcu i w otrzymanej mące wynosiła odpowiednio 4,34 mg GAE/g s.m. i 3,50 mg GAE/g s.m. ($p < 0,05$). Straty polifenoli nie przekraczały 20%, podczas gdy w mąkach po obróbce metodą parowania i gotowania nasion sięgały odpowiednio 70 i 66%.

Tabela 1

Zawartość sumy polifenoli w fasoli kolorowej 'Red Kidney', poddanej obróbce hydrotermicznej metodami parowania, gotowania i ekstruzji.

The content of total polyphenols in coloured bean 'Red Kidney' processed hydro-thermally using autoclaving, boiling and extrusion methods.

Fasola 'Red Kidney' po kolejnych etapach obróbki technologicznej 'Red Kidney' bean after the individual steps of technological processing	Zawartość sumy polifenoli [mg GAE/g s.m.] Content of total polyphenols [mg GAE/g d.m.]		
	Forma obróbki hydrotermicznej Hydrothermal processing method		
	parowanie autoclaving	gotowanie boiling	ekstruzja extrusion
Surowiec Raw material	5,36 ± 0,02 ^a	5,36 ± 0,02 ^a	4,34 ± 0,06 ^a
Po namoczeniu After soaking	3,67 ± 0,65 ^b	3,62 ± 0,01 ^b	-
Po parowaniu After autoclaving	2,11 ± 0,03 ^c	-	-
Po gotowaniu After boiling	-	3,50 ± 0,01 ^c	-
Mąka Flour	1,63 ± 0,06 ^d	1,82 ± 0,16 ^d	3,50 ± 0,42 ^b

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Różnice statystycznie istotne w kolumnach ($p < 0,05$) oznaczono różnymi literami

Statistically significant differences in columns are marked by different letters ($p < 0,05$)

Destruktywny wpływ gotowania oraz parowania pod ciśnieniem nasion fasoli kolorowej na zawarte w niej polifenole wykazali też inni autorzy [1, 3, 7, 8]. W badaniach Bieżanowskiej-Kopeć i Pisulewskiego [3] straty polifenoli w fasoli kolorowej 'Małopolanka' podczas parowania pod zwiększonym ciśnieniem (30 min) wynosiły

38%, a podczas gotowania (60 min) – 54%. Podobne tendencje obserwowali Jjiratan i Liu [7], którzy po gotowaniu zielonej fasoli w puszkach notowali w niej 55–65% ubytek polifenoli, zależnie od zastosowanej temperatury (100, 115 i 121°C).

W obserwacjach innych autorów także proces ekstruzji nasion fasoli wpływał na zmniejszenie w nich zawartości polifenoli. Alonso i wsp. [1] stwierdzili wyraźne, sięgające 46% straty zawartości polifenoli w badanej przez nich fasoli czerwonej *Athropurpurea*, poddanej obróbce technologicznej metodą ekstruzji. Także Korus i wsp. [8], badając 5 różnych odmian fasoli kolorowej notowali 22–37% zmniejszenie zawartości tych związków (w zależności od odmiany fasoli) pod wpływem ekstruzji.

Analogiczne tendencje spadkowe obserwowano w niniejszej pracy także w przypadku analizy zmian aktywności przeciwutleniającej z ABTS (tab. 2) i z DPPH (tab. 3).

Tabela 2

Aktywność przeciwutleniająca fasoli kolorowej 'Red Kidney', poddanej obróbce hydrotermicznej metodami parowania, gotowania i ekstruzji, wobec odczynnika ABTS.

The antioxidant activity of coloured bean 'Red Kidney' processed hydro-thermally using autoclaving, boiling, and extrusion, as determined by an ABTS method.

Fasola 'Red Kidney' po kolejnych etapach obróbki technologicznej 'Red Kidney' bean the after individual steps of technological processing	Aktywność przeciwutleniająca ABTS [mg Troloxu/g s.m.] Antioxidant activity [mg Trolox/g d.m.]		
	Forma obróbki hydrotermicznej Hydrothermal processing method		
	parowanie autoclaving	gotowanie boiling	ekstruzja extrusion
Surowiec Raw material	16,13 ± 0,11 ^a	16,13 ± 0,11 ^a	15,32 ± 0,32 ^a
Po namoczeniu After soaking	10,64 ± 2,29 ^b	8,35 ± 0,20 ^c	-
Po parowaniu After autoclaving	7,48 ± 0,42 ^c	-	-
Po gotowaniu After boiling	-	10,50 ± 0,30 ^b	-
Mąka Flour	4,85 ± 0,74 ^d	4,88 ± 0,01 ^d	11,60 ± 1,52 ^b

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Tabela 3

Aktywność przeciwutleniająca fasoli kolorowej 'Red Kidney', poddanej obróbce hydrotermicznej metodami parowania, gotowania i ekstruzji, wobec odczynnika DPPH.

The antioxidant activity of coloured bean 'Red Kidney' processed hydro-thermally using autoclaving, boiling, and extrusion as determined by a DPPH method.

Fasola 'Red Kidney' po kolejnych etapach obróbki technologicznej 'Red Kidney' bean after the individual steps of technological processing	Aktywność przeciwutleniająca DPPH [mg Troloxu/g s.m.] Antioxidant activity [mg Trolox/g d.m.]		
	Forma obróbki hydrotermicznej Hydrothermal processing method		
	parowanie autoclaving	gotowanie boiling	ekstruzja extrusion
Surowiec Raw material	6,69 ± 0,04 ^a	6,69 ± 0,04 ^a	8,59 ± 0,02 ^a
Po namoczeniu After soaking	5,69 ± 0,50 ^b	6,24 ± 0,16 ^b	-
Po parowaniu After autoclaving	3,27 ± 0,80 ^c	-	-
Po gotowaniu After boiling	-	5,37 ± 0,08 ^c	-
Mąka Flour	2,60 ± 0,13 ^d	2,42 ± 0,05 ^d	6,82 ± 0,89 ^b

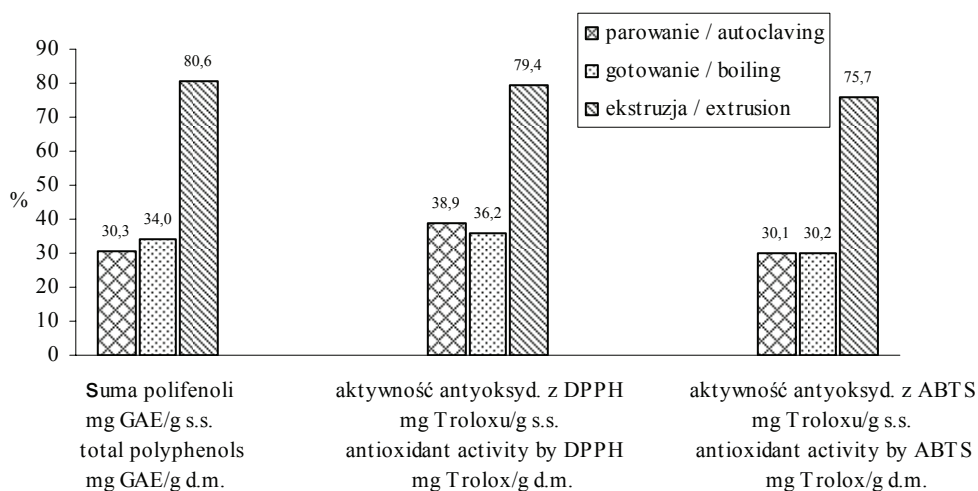
Różnice istotne statystycznie w kolumnach ($p < 0,05$) oznaczono różnymi literami.

Statistically significant differences in columns are marked by different letters ($p < 0,05$).

Aktywność przeciwutleniająca suchych nasion fasoli 'Red Kidney' z 2004 r. oceniana metodą z ABTS wynosiła 16,1 mg Troloxu/g s.m. i po kolejnych etapach obróbki technologicznej (metoda parowania i gotowania) ulegała stopniowemu obniżeniu, osiągając w mące poziom 4,85 - 4,88 mg Troloxu/g s.m. Aktywność przeciwutleniająca z ABTS w nasionach z 2005 r. wynosiła 15,32 mg Troloxu/g s.m., a po ekstruzji – 11,60 ($p < 0,05$). Notowany 20% spadek aktywności przeciwutleniającej w mące po ekstruzji był zdecydowanie mniejszy niż w przypadku mąki po parowaniu (69%) i gotowaniu (64%) (rys. 1).

Aktywność przeciwutleniająca oceniana metodą z DPPH w suchych nasionach (poddawanych parowaniu i gotowaniu), wynosiła 6,69 mg Troloxu/g s.m. i ulegała obniżeniu po kolejnych etapach obróbki technologicznej. Zarówno w mące uzyskanej metodą parowania, jak i gotowania była podobna i wynosiła odpowiednio 2,60 i 2,42 mg Troloxu/g s.m. Aktywność przeciwutleniająca z DPPH w nasionach poddawanych ekstruzji w tym przypadku ulegała znacznie mniejszemu obniżeniu, wynosząc w badanym surowcu i w mące odpowiednio 8,59 i 6,82 mg Troloxu/g s.m. Także w tej meto-

dzie pomiaru aktywności przeciwutleniającej obserwowane straty po zastosowanej ekstruzji nie przekraczały 25%, podczas gdy po gotowaniu i parowaniu wynosiły około 70%. Odmienne wyniki w tej metodzie pomiaru aktywności uzyskali Biezanowska-Kopeć i Pisulewski [3], badając wspomnianą już fasolę 'Małopolanka', bowiem w przypadku parowania nasion nie obserwowali oni zmian aktywności przeciwutleniającej, a proces gotowania powodował 17% obniżenie aktywności mierzonej tą metodą. Wyniki porównywalne do uzyskanych przez autorów niniejszej pracy przedstawili natomiast Korus i wsp. [9] w innej swojej pracy dotyczącej badania zmian aktywności przeciwutleniającej 5 odmian fasoli kolorowej pod wpływem ekstruzji. Wykazane przez nich straty aktywności przeciwutleniającej po tym procesie wynosiły 5–27% przy pomiarze aktywności metodą z ABTS i 4–10% – metodą z DPPH, w zależności od badanej odmiany fasoli.



Rys. 1. Stopień zachowania sumy polifenoli i aktywności przeciwutleniającej wobec ABTS i DPPH w mąkach z fasoli 'Red Kidney', uzyskanych metodami parowania, gotowania i ekstruzji nasion [%].

Fig. 1. Preservation degree of the summarized polyphenols and antioxidant activity, determined using ABTS and DPPH methods, of the 'Red Kidney' bean flour types produced by autoclaving, boiling, and extrusion [%].

W ramach pracy przeprowadzono również ocenę sensoryczną mąk instant otrzymanych omówionymi wyżej metodami. Ocena ta wykazała, że atrakcyjniejsza pod względem sensorycznym była mąka uzyskana metodą parowania i gotowania (4,3 pkt). Zachowywała ona charakterystyczną czerwono-fioletową barwę, smak i zapach typowe dla fasoli oraz dobrze „roztwarzała się” w gorącej wodzie, podczas gdy mąka uzyskana metodą ekstruzji wykazywała mało charakterystyczne dla fasoli cechy smakowe

i zapachowe, zmienioną barwę (szarofioletową) i słabszą roztwarzalność w wodzie (3,5 pkt).

Wnioski

1. Obróbka hydrotermiczna fasoli kolorowej 'Red Kidney' metodami parowania, gotowania i ekstruzji wpłynęła na zmniejszenie zawartości w niej polifenoli i aktywności przeciwutleniającej.
2. Obróbka technologiczna fasoli 'Red Kidney' metodami gotowania lub parowania, zakończona suszeniem rozdrobnionych nasion, powodowała znaczne – prawie 70% zmniejszenie zarówno zawartości polifenoli, jak i aktywności przeciwutleniającej.
3. Mąka z fasoli 'Red Kidney', otrzymana w procesie ekstruzji, charakteryzowała się większą zawartością polifenoli i silniejszymi właściwościami przeciwutleniającymi niż mąki uzyskane z wykorzystaniem metod parowania i gotowania.

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

Literatura

- [1] Alonso R., Aguirre A., Marzo F.: Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chem.*, 2000, **2 (68)**, 159-165.
- [2] Alonso R., Grant G., Dewey P., Marzo F.: Nutritional assessment in vitro and in vivo of raw and extruded peas (*Pisum sativum* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 2286-2290.
- [3] Bieżanowska-Kopeć R., Pisulewski P. M.: Wpływ procesów termicznych i biologicznych na pojemność przeciwutleniającą nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **3 (48)**, 51-64.
- [4] Chu Y.H., Chang C.L., Hsu H.F.: Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J. Sci. Food Agric.*, 2000, **80**, 561-566.
- [5] Dinelli G., Bonetti A., Minelli M., Marotti I., Catizone P., Mazzanti A.: Content of flavonols in Italian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ecotypes. *Food Chem.*, 2006, **99**, 105-114.
- [6] Hempel J., Bohm H.: Quality and quantity of prevailing flavonoid glycosides of yellow and green french beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 2114-2116.
- [7] Jiratanan T., Liu R. H.: Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 2659-2670.
- [8] Korus J., Gumul D., Achremowicz B., Gibiński M.: Zmiana zawartości związków bioaktywnych w nasionach fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od warunków ekstruzji. *Mat. XXXVII Sesji Nauk. KNoŻ PAN, Gdynia 2006*, s. 188.
- [9] Korus J., Gumul D., Achremowicz B., Gibiński M.: Wpływ procesu ekstruzji na aktywność antyoksydacyjną nasion fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mat. XXXVII Sesji Nauk. KNoŻ PAN, Gdynia 2006*, s.184.
- [10] Mikołajczak A., Drużyńska B.: Antyoksydacyjne właściwości polifenoli okryw nasiennych fasoli kolorowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **3 (20)** supl., 112-117.

- [11] Mościcki L.: Zmiany właściwości fizykochemicznych surowców roślinnych poddawanych procesowi ekstruzji. Cz. 1 Fizykochemiczne zmiany ekstrudatów. Przegl. Zboż. Młyn., 2002, **6**, 27-29.
- [12] Nuutila A. M., Puupponem-Pimia R., Aarni M., Oksman-Caldentey K-M.: Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. Food Chem., 2003, **81**, 485-493.
- [13] Oomah D., Cardaror-Martinez A., Loarca-Pina G.: Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Sci Food Agric., 2005, **85**, 935-942.
- [14] PN-ISO 4121:1998 Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- [15] Price K.R., Colquhoun I.J., Barnes K.A., Rhodes M.J.C.: Composition and content of flavonol glycosides in green beans and their fate during processing. J. Agric. Food Chem., 1998, **46**, 4898-4903.
- [16] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology And Medicine, 1999, **26**, 1231-1237.
- [17] Remiszewski M., Kulczak M., Przygoński K., Korbas E., Jeżewska M.: Zmiany aktywności antyoksydacyjnej nasion wybranych roślin strączkowych podczas ich obróbki technologicznej. Bromat. Chem. Toksykol., 2006, **39** (supl.), 503-507.
- [18] Remiszewski M., Przygoński K., Kulczak M., Jeżewska M.: Optymalizacja układu ekstrakcyjnego i ocena właściwości przeciwutleniających nasion wybranych roślin strączkowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **1** (46) supl., 127-135.
- [19] Singleton V.L., Rossi J.A.jr.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic., 1965, **16**, 144-158.
- [20] Troszyńska A., Bednarska A., Łatosz A., Kozłowska H.: Polyphenolic compounds in the seed coat of legume seeds. Pol. J. Food Nutr. Sci. , 1997, **6** (47), 3, 37-45.
- [21] Waszkiewicz-Robak B.: Wykorzystanie nasion roślin strączkowych w technologii gastronomicznej W: Podstawy technologii gastronomicznej - pod red. S. Zalewskiego. WNT, Warszawa 1993, s.119-140.
- [22] Wilska-Jeszka J.: Inne naturalne składniki żywności. W: Funkcjonalne właściwości składników żywności – pod red. Z. E. Sikorskiego. WNT, Warszawa 1994, s. 461-482.

**CHANGES IN THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF 'RED KIDNEY' BEAN SEEDS
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.) OWING TO VARIOUS HYDROTHERMAL PROCESSING
METHODS APPLIED**

S u m m a r y

The objective of the paper was to follow through changes in the antioxidant properties of 'Red Kidney' beans during their hydro-thermal processing: boiling, autoclaving, and extrusion, connected with converting bean seeds into instant flour.

The content of total polyphenols and the antioxidant activity were determined in raw seeds and after the successive stages of hydro-thermal processing with the use of ABTS and DPPH methods. Furthermore, a sensory analysis of the instant flour types produced was carried out.

It was found that all the processing procedures of converting seeds into flour caused the content of polyphenols to decrease and the antioxidant activity in the final products to drop. The smallest losses were observed during the process of extrusion and amounted to approx. 20–25% compared to the raw material. The antioxidant properties of instant flour types produced using boiling or autoclaving were comparable.

The flour type produced using autoclaving turned out to show the most attractive sensory attributes among all other flour products.

Key words: coloured bean, polyphenols, antioxidant activity, autoclaving, boiling, extrusion ctins ☒