

MIROSŁAW PYSZ, PAWEŁ M. PISULEWSKI, TERESA LESZCZYŃSKA

**WPŁYW ODDZIAŁYWANIA IMPULSOWEGO I CIĄGŁEGO POLA
MIKROFALOWEGO NA WARTOŚĆ ŻYWIENIOWĄ
I WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE
KIEŁKOWANYCH NASION SOI**

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było porównanie wpływu nietermicznej i termicznej metody obróbki żywności, a więc oddziaływania impulsowego oraz ciągłego pola mikrofalowego na zawartość składników odżywczych, wybranych składników nieodżywczych oraz właściwości przeciwutleniające kiełkowanych nasion soi.

Materiał badawczy stanowiły nasiona trzech odmian soi hodowli krajowej: Augusta, Aldana i Nawiko. Nasiona poddano kiełkowaniu, a następnie obróbce nietermicznej przy zastosowaniu impulsowego pola mikrofalowego oraz ogrzewaniu za pomocą ciągłego pola mikrofalowego. Podstawowy skład chemiczny materiału badawczego oznaczono metodami standardowymi AOAC. Aktywność inhibitorów trypsyny oznaczono metodą Kakade i wsp., zawartość polifenoli przy użyciu odczynnika Folina-Ciocalteu'a, natomiast aktywność przeciwutleniającą metodą Pekkarinen i wsp. z zastosowaniem wolnego rodnika DPPH^{*}.

Kiełkowanie nasion spowodowało uzyskanie statystycznie istotnej ($P < 0,05$) redukcji zawartości inhibitorów trypsyny i polifenoli oraz obniżenia aktywności przeciwutleniającej. Procesy termiczne, którym poddano skiełkowane nasiona spowodowały statystycznie istotną ($P < 0,05$) inaktywację termolabilnych składników soi (inhibitorów trypsyny), przy jednoczesnym wzroście zawartości polifenoli oraz aktywności przeciwutleniającej. Zastosowanie procesów nietermicznych spowodowało statystycznie istotny ($P < 0,05$) wzrost aktywności inhibitorów trypsyny oraz aktywności przeciwutleniającej skiełkowanych nasion soi. Wykazano dodatnią, umiarkowaną korelację pomiędzy zawartością polifenoli a aktywnością przeciwutleniającą kiełkowanych i poddanych obróbce nietermicznej nasion soi oraz silną korelację tych parametrów po obróbce termicznej badanych nasion.

Słowa kluczowe: pole mikrofalowe, kiełkowane nasiona soi, polifenole, aktywność przeciwutleniająca

Wprowadzenie

Rosnąca świadomość żywieniowa konsumentów wymaga od producentów żywności ciągłego podnoszenia jakości swoich produktów. Obecnie wzrasta

Dr inż. M. Pysz, prof. dr hab. P. M. Pisulewski, dr hab. T. Leszczyńska, Katedra Żywnienia Człowieka, Akademia Rolnicza w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, tel. (012) 662-48-17, fax. (012) 662-48-12

zainteresowanie żywnością bezpieczną, o wysokiej jakości zdrowotnej, żywnością o odpowiedniej zawartości składników odżywczych, o jak najmniejszej zawartości substancji konserwujących, a jednocześnie wygodnej w przygotowaniu do spożycia i łatwej do przechowywania [18]. Coraz większą uwagę zwraca się także na właściwości funkcjonalne produktów spożywczych oraz zachowanie wartości odżywczej w procesach przetwarzania. Dlatego też dokonuje się ciągły postęp technologiczny w produkcji żywności, a producenci poszukują nowych technologii [4, 25].

Jedną z nowoczesnych metod utrwalania żywności może być impulsowe pole mikrofalowe. Badania naukowe dowodzą, że tzw. „nietermiczne” metody utrwalania żywności, do których zalicza się impulsowe pole mikrofalowe, zapewniają bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności, nie powodując strat składników odżywczych i substancji funkcjonalnych [8, 13, 14, 18].

Celem przeprowadzonych badań było porównanie wpływu nietermicznej i termicznej metody obróbki żywności, a więc impulsowego oraz ciągłego pola mikrofalowego na zawartość składników odżywczych, wybranych składników nieodżywczych oraz właściwości przeciwutleniających kiełkowanych nasion soi.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły nasiona trzech odmian soi hodowli krajowej: Augusta i Nawiko zakupione w Katedrze Genetyki i Hodowli Roślin AR w Poznaniu oraz Aldana pochodząca z Hodowli Roślin Strzelce w Strzelcach.

Nasiona wszystkich odmian poddawano kiełkowaniu. Przed procesem kiełkowania nasiona poddawano sterylizacji przez moczenie w etanolu w ciągu 1 min. Następnie nasiona uwodniono w wodzie destylowanej przez 6 h w temp. pokojowej i umieszczano pomiędzy grubą warstwą wilgotnej bawełnianej ściereczki. Nasiona pozostawiano na 4 dni przy średniej temp. 23°C. Były one okresowo zraszane wodą destylowaną.

Kiełkowane nasiona soi (K) wszystkich badanych odmian poddano obróbce nietermicznej przy zastosowaniu impulsowego pola mikrofalowego w reaktorze mikrofalowym RM 2001 firmy Plazmatronika o mocy 800 W. Badania przeprowadzono w Katedrze Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością Wydziału Nauk o Żywności Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Kiełkowane nasiona otrzymały różną ilość impulsów: 15 (K+IPM15) i 20 (K+IPM20). Szerokość jednego impulsu wynosiła 90 ms, a odstęp pomiędzy impulsami trwał 600 ms. Temperatura podczas trwania procesu utrzymywała się na stałym poziomie 16°C.

Drugą partię tych samych skiełkowanych nasion soi poddawano ogrzewaniu za pomocą ciągłego pola mikrofalowego wg metody Rajkó i Szabó [24] w kuchence mikrofalowej Panasonic DIMENSION 4 nastawionej na moc 800 W w ciągu 111 oraz 222 sek. Nasiona otrzymały różne dawki energii: 1000 J/g (K+PM1000) i 2000 J/g (K+PM2000). Nasiona soi poddane kiełkowaniu oraz procesom nietermicznym i termicznym liofilizowano w urządzeniu CHRIST ALPHA 1-4 i rozdrabniano w młynku laboratoryjnym typu WŻ-1.

Podstawowy skład chemiczny materiału badawczego oznaczano standardowymi metodami AOAC [3]. Inhibitory trypsyny oznaczano metodą Kakade i wsp. [11] z zastosowaniem substratu syntetycznego BAPNA (N- α -Benzyl-DL-Arginine-p-Nitroanilide Hydrochloride), zawartość polifenoli metodą z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteau'a, a aktywność przeciwutleniającą metodą Pekkarinen i wsp. [20] z zastosowaniem trwałego wolnego rodnika DPPH^{*} (1,1-dwufenylo-2-pikrylhydrazyl).

Wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, istotność różnic pomiędzy średnimi weryfikowano przy użyciu wielokrotnego testu rozstępu Dunkana na poziomie istotności $P < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wartość żywieniowa i właściwości przeciwutleniające surowych i kiełkowanych nasion soi

Zawartość podstawowych składników odżywczych i nieodżywczych w surowych i kiełkowanych nasionach soi odmian: Augusta, Aldana i Nawiko przedstawiono w tab. 1.

Zawartość białka w surowych nasionach soi poszczególnych odmian była zróżnicowana i kształtowała się na poziomie: 43,5% s.m. ('Augusta'), 37,7% s.m. ('Aldana'), 41,2% s.m. ('Nawiko'). Zwraca uwagę wyższa zawartość białka w nasionach soi odmian Augusta i Nawiko w porównaniu z odmianą Aldana. Ilości te zawierają się w zakresie 28,9–59,5% s.m., jaki uzyskała Konecka [15] oraz 35,0–45,0% s.m. otrzymanym przez Świderskiego i wsp. [26].

Zawartość białka uległa zmianie podczas procesu kiełkowania (K). W nasionach soi 'Aldana' nastąpiło zmniejszenie zawartości tego składnika o 3%, natomiast w soi 'Nawiko' wzrost o 7%. Zmiany te były statystycznie istotne ($P < 0,05$). Z danych literaturowych wynika, że kiełkowanie nasion roślin strączkowych wpływa na zawartość białka. Ghorpade i Kadam [7] oraz Donangelo i wsp. [5] podają, że zawartość białka po procesie kiełkowania wzrosła o 11% w soi i aż o 84% w soczewicy. Badania Pysza i wsp. [23] także dowodzą, że kiełkowanie zwiększało zawartość białka w nasionach grochu o 20%, a soi o 4,7%. Natomiast Maciejewska i wsp. [19] dowiedli, że po przeprowadzeniu kiełkowania nastąpiło zmniejszenie zawartości białka w soi o 16,7%, a w fasoli o 19,9%.

Tabela 1

Zawartość składników odżywczych i nieodżywczych w surowych i kiełkowanych nasionach soi odmian: Augusta, Aldana i Nawiko.

Nutritive and nonnutritive components content in raw and germinated soybean seeds, cultivars: Augusta, Aldana and Nawiko.

Rodzaj produktu Product type	Odmiana a Cultivar	Białko ogółem Total protein [% s.m.]	Tłuszcz Fat [%s.m.]	Popiół Ash [%s.m.]	Sacharydy ogółem Total saccharides [% s.m.]	Aktywność inhibitorów trypsyny Trypsin inhibitors activity [TIU/ mg]	Polifenole Polyphenols [mg/ 100 g s.m.]	Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity [% RSA]
Nasiona surowe Raw seeds	Augusta	43,5d	13,0a	5,7b	37,8d	46,5e	543,1cd	49de
	Aldana	37,7b	13,5a	6,6c	42,3f	45,8d	566,9f	53g
	Nawiko	41,2c	13,2a	5,5a	40,1e	50,5f	549,4cde	51ef
Nasiona kiełkowane Germinated seeds	Augusta	43,0d	19,4b	5,7b	31,9ab	38,9a	494,0a	41b
	Aldana	36,5a	22,8c	6,7d	34,1c	39,9b	537,2c	42bc
	Nawiko	44,2de	19,4b	5,6ab	31,0a	42,7c	514,7ab	39ab

Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P < 0,05$)
Mean values in the same column with the different letters are statistically significantly different at the level ($P < 0.05$).

Zawartość tłuszczu w soi kształtowała się na poziomie: 13,0% s.m. ('Augusta'), 13,5% s.m. ('Aldana'), 13,2% s.m. ('Nawiko'). Różnice te były statystycznie nieistotne ($P > 0,05$). Otrzymane wyniki są niższe od zakresu 14,4–25,0% s.m. podanego przez Konecką [15], a także od poziomu 18,0–22,0% s.m. uzyskanego przez Jasińską i Koteckiego [10]. Pisulewska i Pisulewski [21] również otrzymali wyższe zawartości tłuszczu, tj. 21,0% s.m., w nasionach soi.

Po procesie kiełkowania (K) stwierdzono statystycznie istotny ($P < 0,05$) wzrost zawartości tłuszczu we wszystkich badanych odmianach nasion soi. W nasionach soi 'Augusta' ilość tłuszczu zwiększyła się o 49%, 'Aldana' o 69%, a w 'Nawiko' o 47%. Wyraźnemu wzrostowi zawartości tłuszczu w kiełkowanych nasionach towarzyszyło statystycznie istotne zmniejszenie zawartości ($P < 0,05$) sacharydów. W wyniku redukcji względnej zawartości niektórych składników otrzymuje się zwiększoną zawartość innych. Jest to zgodne z wynikami prezentowanymi przez Donangelo i wsp. [5], którzy także uzyskali wzrost zawartości tłuszczu w skiełkowanych nasionach soi (o 6,2%), łubinu (o 2,7%) oraz fasoli (o ok. 29%). Również Pysz i wsp. [23] stwierdzili zwiększenie (o 20,2%) zawartości tłuszczu w wyniku kiełkowania nasion soi. Natomiast odmienne zmiany zaprezentowali Ghorpade i Kadam [7], którzy dowiedli zmniejszenia zawartości tłuszczu podczas kiełkowania soi o około 83%.

Zawartość składników mineralnych (w postaci popiołu) w nasionach trzech badanych odmian soi kształtowała się następująco: 5,7% s.m. – 'Augusta', 6,6% s.m. – 'Aldana', 5,5% s.m. – 'Nawiko'. Stwierdzono statystycznie istotne ($P < 0,05$) różnice odmianowe. Nasiona soi 'Aldana' charakteryzowały się wyraźnie wyższą zawartością związków mineralnych, oznaczonych jako popiół, w porównaniu z odmianami Augusta oraz Nawiko. Wyniki te są zgodne z rezultatami badań Świderskiego i Waszkiewicz-Robak [27], którzy podają zawartość popiołu na poziomie ok. 6,0%, oraz

Jasińskiej i Koteckiego [10], którzy oznaczyli 6,6% zawartości popiołu w soi. Niższe wartości (ok. 4,7%) uzyskali Jacórzynski i Baryłko-Pikielna [9].

Proces kiełkowania (K) przyczynił się do nieznacznego, ale statystycznie istotnego ($P < 0,05$) wzrostu składników mineralnych w nasionach soi 'Aldana' (o 2%). Zawartość popiołu w skiełkowanych nasionach pozostałych odmian nie zmieniła się statystycznie istotnie ($P > 0,05$). Znacznie większy wzrost zawartości popiołu (o 52%) w kiełkowanych nasionach soi uzyskali Ghorpade i Kadam [7]. Zawartość bezazotowych substancji wyciągowych (sacharydów) w surowych nasionach soi poszczególnych odmian była zróżnicowana ($P < 0,05$) i kształtowała się na poziomie: 37,8% s.m. – 'Augusta', 42,3% s.m. – 'Aldana', 40,1% s.m. – 'Nawiko'. Wartości te są niewiele wyższe od ilości jaką podają Jacórzynski i Baryłko-Pikielna [9] – 34,8%, Świdorski i wsp. [28] – 28,6% (soja 'RAH-182') i 33,1% (soja 'Progres') oraz Kunachowicz i wsp. [16] – 32,7%.

Pod wpływem kiełkowania (K) nastąpił o statystycznie istotne ($P < 0,05$) obniżenie zawartości sacharydów w nasionach soi: 'Augusta' o 16%, 'Aldana' o 19%, a 'Nawiko' o 23%. Zostało to spowodowane wykorzystaniem ww. składnika przez roślinę podczas kiełkowania. Znaczny ubytek sacharydów doprowadził do zmiany proporcji składników odżywczych nasion soi. W wyniku tego zaobserwowano widoczny wzrost zawartości tłuszczu we wszystkich badanych odmianach soi oraz wzrost zawartości białka w nasionach soi 'Nawiko'.

W nasionach surowych najwyższą aktywność antytrypsynową stwierdzono w odmianie Nawiko (50,5 TIU/mg). Natomiast wyraźnie niższą ($P < 0,05$) aktywnością charakteryzowały się nasiona soi odmiany Augusta (46,5 TIU/mg) oraz Aldana (45,8 TIU/mg). Otrzymane wyniki są zbliżone do przedziału 50,4–83,3 TIU/mg podanego przez Zadernowskiego i Borowską [30]. Pisulewska i Pisulewski [21] podają, że aktywność inhibitorów trypsyny w soi 'Aldana' wynosi 57,13 TIU/mg, a w soi 'Nawiko' 62,08 TIU/mg. Natomiast Leontowicz i Kulasek [17] podają aktywność antytrypsynową nasion soi na poziomie 71,4 TIU/mg.

Kiełkowanie (K) spowodowało statystycznie istotną ($P < 0,05$) redukcję zawartości inhibitorów trypsyny: w nasionach soi 'Augusta' o 16%, 'Aldana' o 13%, a 'Nawiko' o 15% (tab.1). Inni badacze także wykazali, że kiełkowanie nasion roślin strączkowych redukuje zawartość inhibitorów trypsyny [5, 6, 7, 12, 17].

Pod względem zawartości polifenoli w badanym materiale stwierdzono duże różnice odmianowe. Najniższą zawartość polifenoli stwierdzono w nasionach soi odmiany Augusta (543,1 mg/100g s.m.), niewiele wyższą w 'Nawiko' (549,4 mg/100g s.m.), a najwyższą w nasionach 'Aldana' (566,9 mg/100g s.m.). Kiełkowanie nasion soi (K) spowodowało statystycznie istotny ($P < 0,05$) spadek zawartości polifenoli, w nasionach soi 'Augusta' o 9%, 'Nawiko' o 5%, a w 'Aldanie' o 6%. Odmienne wyniki otrzymali Pisulewski i wsp. [22]. W ich doświadczeniach kiełkowanie nasion bobu zwiększało zawartość polifenoli.

Aktywność przeciwutleniająca badanych nasion kształtowała się następująco: 49% RSA soja 'Augusta', 53% RSA 'Aldana' oraz 51% RSA 'Nawiko'. Aktywność

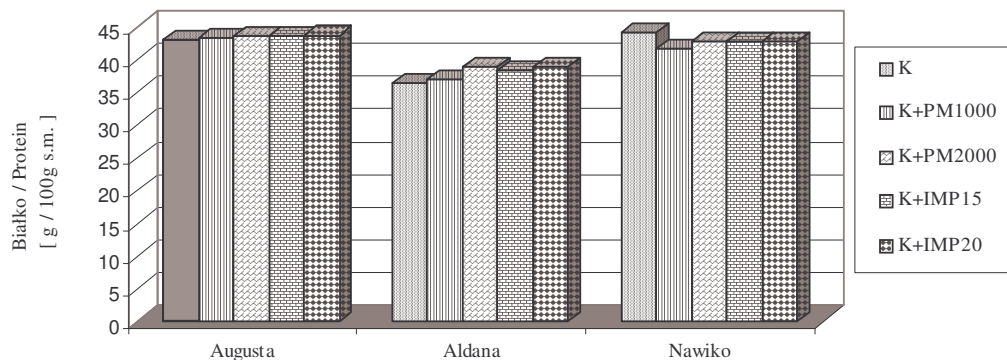
przeciwutleniająca nasion soi odmiany Aldana była wyraźnie wyższa od aktywności pozostałych odmian, co związane jest z wyższą zawartością polifenoli w nasionach tej odmiany.

Kiełkowanie (K) spowodowało wyraźną ($P < 0,05$) redukcję aktywności przeciwutleniającej nasion soi wszystkich odmian. W nasionach soi 'Augusta' aktywność przeciwutleniająca zmniejszyła się o 16%, 'Aldana' o 21%, a w 'Nawiko' o 23%. Wynik ten nie jest nieoczekiwany, gdyż jednocześnie zaobserwowano istotną redukcję zawartości czynników przeciwutleniających, tj. inhibitorów trypsyny i polifenoli.

Wpływ ciągłego i impulsowego pola mikrofalowego na wartość żywieniową i właściwości przeciwutleniające kiełkowanych nasion soi

Wpływ ciągłego pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000), oraz 2000 J/g (K+PM2000), a także impulsowego pola mikrofalowego o 15 (K+IPM15) oraz 20 impulsach (K+IPM20) na zawartość białka w nasionach soi w porównaniu z zawartością tego składnika w nasionach kiełkowanych (K) przedstawiono na rys. 1.

Wzrost zawartości białka, odpowiednio o 7; 5 oraz 7%, można zauważyć w kiełkowanych nasionach soi 'Aldana' poddanych działaniu pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 2000 J/g (K+PM2000), 15 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM15) oraz 20 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM20). Pysz i wsp. [23] również otrzymali wzrost zawartości białka w nasionach soi pod wpływem procesów termicznych, takich jak autoklawowanie oraz gotowanie, odpowiednio o 3 i 31%. Natomiast w nasionach soi 'Nawiko' poddanych działaniu pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000) zaobserwowano statystycznie istotne ($P < 0,05$) zmniejszenie zawartości białka (o 6%). Mniejszy, aczkolwiek również statystycznie istotny ($P < 0,05$), spadek zawartości białka (o 3%) wystąpił także w nasionach soi 'Nawiko' poddanych wpływowi pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 2000 J/g (K+PM2000), 15 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM15) oraz 20 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM20). Jest to również zgodne z wynikami badań Pysza i wsp. [23], którzy otrzymali redukcję zawartości białka (o 10%) w nasionach grochu poddanych procesowi termicznemu, którym było autoklawowanie. W przypadku soi 'Augusta' nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic ($P > 0,05$) pomiędzy zastosowanymi procesami technologicznymi. Podobne wyniki otrzymali Khalil i Mansour [12], którzy dowiedli, że gotowanie i autoklawowanie nasion bobu nie prowadziło do zmian zawartości białka.

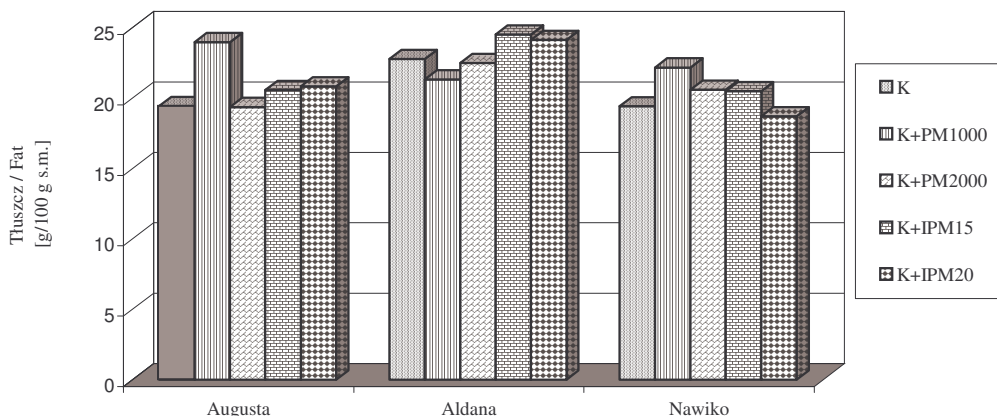


Rys. 1. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na zawartość białka w nasionach trzech odmian soi.

Fig. 1. The influence of germinating and affecting of microwave field on protein content in three different cultivars of soybean seeds.

Wpływ ciągłego pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000) oraz 2000 J/g (K+PM2000), a także impulsowego pola mikrofalowego o 15 (K+IPM15) oraz 20 impulsach (K+IPM20) na zawartość tłuszczu w nasionach soi w porównaniu z zawartością tego składnika w nasionach kiełkowanych (K) przedstawiono na rys. 2.

Ogrzewanie ciągłym polem mikrofalowym o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000) spowodowało statystycznie istotny ($P < 0,05$) wzrost zawartości tłuszczu w nasionach soi 'Augusta' (o 24%) oraz 'Nawiko' (o 14%), natomiast spadek (o 7%) w przypadku soi 'Aldana'. Podobne wyniki otrzymali Pysz i wsp. [23], u których procesy termiczne (autoklawowanie i gotowanie) doprowadziły do wzrostu (o 8 i 15%) zawartości tłuszczu w nasionach grochu. W przypadku nasion soi otrzymali wyniki mniej jednoznaczne, tzn. zmniejszenie (o 20%) zawartości tłuszczu w nasionach poddanych autoklawowaniu, a wzrost (o 10%) w nasionach gotowanych. Działanie ciągłym polem mikrofalowym o zakresie absorpcji energii 2000 J/g (K+PM2000) na nasiona soi nie spowodowało statystycznie istotnych różnic ($P > 0,05$) w zawartości tłuszczu. Podobnie w przypadku działania 15 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM15) na nasiona 'Augusta' i 'Nawiko' oraz 20 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM20) na 'Nawiko'. Jest to zgodne z wynikami innych badaczy [12], którzy dowiedli, że procesy termiczne nie powodują istotnych zmian zawartości tłuszczu w nasionach bobu. Nasiona soi 'Aldana' poddane wpływowi 15 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM15) charakteryzowały się statystycznie istotnym ($P < 0,05$) wzrostem zawartości tłuszczu (o 8%). Działanie 20 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM20) również doprowadziło do statystycznie istotnego ($P < 0,05$) wzrostu zawartości tłuszczu w nasionach soi 'Augusta' (o 7%) oraz 'Aldana' (o 6%).

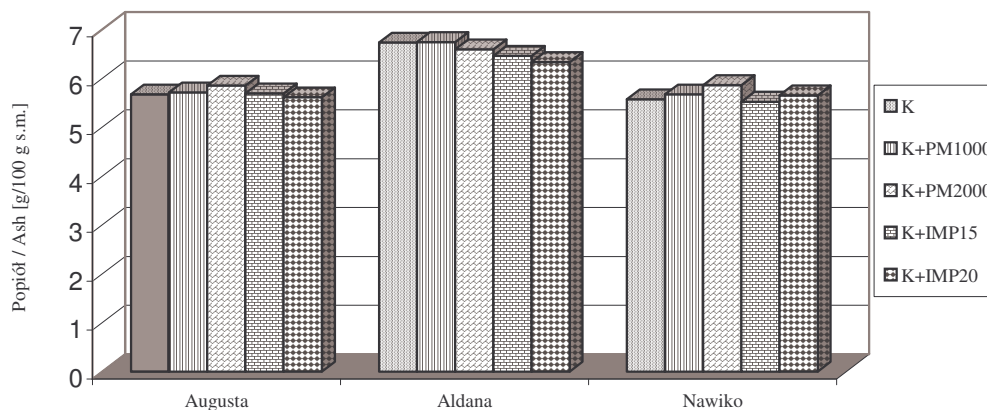


Rys. 2. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na zawartość tłuszczu w nasionach trzech odmian soi.

Fig. 2. The influence of germinating and affecting of microwave field on fat content in three different cultivars of soybean seeds.

Wpływ ciągłego pola mikrofalowego o dwóch różnych zakresach absorpcji energii (K+PM1000, K+PM2000) oraz impulsów tego pola (K+IPM15, K+IPM20) na zawartość związków mineralnych oznaczonych w postaci popiołu w kiełkowanych nasionach soi odmiany Augusta, Aldana i Nawiko przedstawiono na rys. 3.

Działanie tradycyjnego pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000) nie spowodowało statystycznie istotnych ($P > 0,05$) różnic zawartości składników mineralnych oznaczonych jako popiół w badanym materiale. Podobne wyniki otrzymali Khalil i Mansour [12], w badaniach których zastosowane procesy termiczne także nie powodowały zmian zawartości popiołu w nasionach bobu. Zwiększenie dawki energii (K+PM2000) spowodowało istotny ($P < 0,05$) wzrost składników mineralnych w nasionach soi 'Augusta' (o 4%) i 'Nawiko' (o 5%) oraz redukcję (o 1%) w przypadku 'Aldany'. Pysz i wsp. [23] uzyskali zmniejszenie zawartości popiołu (odpowiednio o 31 i 32% oraz 17 i 19%) w gotowanych oraz autoklawowanych nasionach grochu i soi. Natomiast działanie impulsowego pola mikrofalowego (K+IPM15 oraz K+IPM20) nie miało statystycznie istotnego ($P > 0,05$) wpływu na zawartość popiołu w soi odmiany Augusta i Nawiko, jednak spowodowało istotną redukcję składników mineralnych w 'Aldanie' (odpowiednio o 3 i 6%).

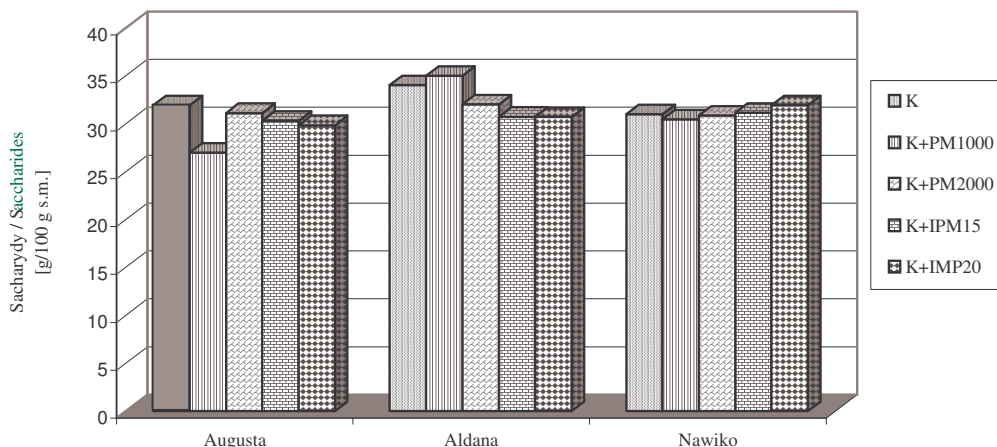


Rys. 3. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na zawartość popiołu w nasionach trzech odmian soi.

Fig. 3. The influence of germinating and affecting of microwave field on ash content in three different cultivars of soybean seeds.

Wpływ wybranych procesów technologicznych, tj. ciągłego pola mikrofalowego o dwóch różnych zakresach absorpcji energii (K+PM1000, K+PM2000) oraz 15 i 20 impulsów tego pola (K+IPM15, K+IPM20), na zawartość sacharydów w nasionach soi w porównaniu z nasionami kiełkowanymi (K) przedstawiono na rys. 4.

W przypadku soi 'Augusta' uwagę zwraca znaczne (o 15%) obniżenie zawartości sacharydów pod wpływem ciągłego pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000) oraz mniejsze (o 6%), aczkolwiek statystycznie istotne ($P < 0,05$), pod wpływem 20 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM20). Nasiona soi odmiany Aldana charakteryzowały się statystycznie istotnie ($P < 0,05$) zmniejszoną zawartością bezazotowych substancji wyciągowych po działaniu ciągłego pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 2000 J/g (K+PM2000), 15 oraz 20 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM15, K+IPM20) – odpowiednio o 6 oraz 10%. Natomiast zastosowane procesy technologiczne nie wpłynęły statystycznie istotnie ($P > 0,05$) na zawartość sacharydów w nasionach soi odmiany Nawiko. Khalil i Mansour [12] nie stwierdzili istotnych zmian zawartości sacharydów w nasionach bobu poddanych procesom termicznym.



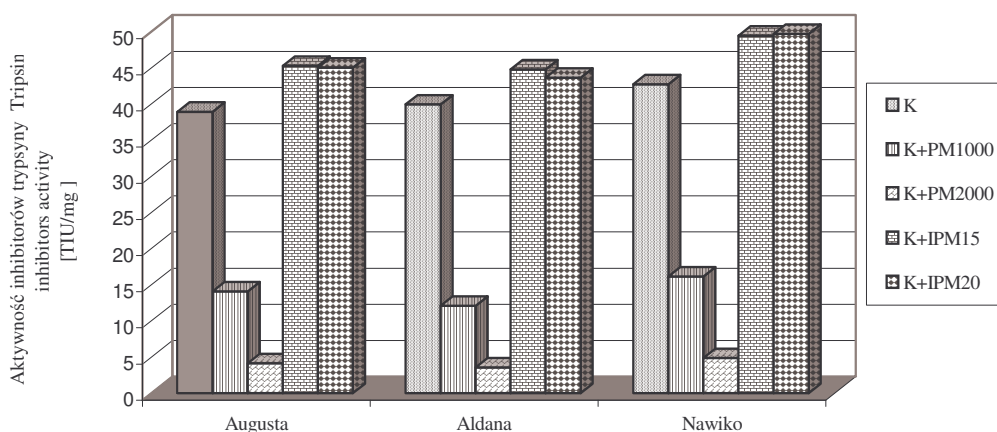
Rys. 4. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na zawartość sacharydów w nasionach trzech odmian soi.

Fig. 4. The influence of germinating and affecting of microwave field on saccharides content in three different cultivars of soybean seeds.

Na rys. 5. przedstawiono znaczne zróżnicowanie aktywności inhibitorów trypsyny w zależności od odmiany oraz rodzaju zastosowanej obróbki technologicznej. Związki te należą do składników termolabilnych, dlatego też oddziaływanie pola mikrofalowego także wpłynęło na obniżenie aktywności antytrypsynowej. Pod wpływem pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 1000 J/g (K+PM1000) uzyskano 70% inaktywacji inhibitorów trypsyny w nasionach soi 'Augusta', 74% w 'Aldanie' oraz 68% w 'Nawiko'. Zastosowanie wyższej dawki energii, tj. K+PM2000, spowodowało inaktywację inhibitorów trypsyny w większym zakresie. W soi odmiany Augusta inaktywacja wyniosła 91%, w 'Aldanie' 92%, a w 'Nawiko' 90%. Podobne efekty, związane z termolabilnością inhibitorów trypsyny, były obserwowane również przez innych badaczy [1, 2, 17, 22, 24, 29]. Natomiast działanie impulsowego pola mikrofalowego (K+IPM15 oraz K+IPM20) spowodowało statystycznie istotny ($P < 0,05$) niewielki spadek aktywności inhibitorów trypsyny, niezależny od ilości zastosowanych impulsów. Aktywność antytrypsynowa nasion poddanych działaniu 15 impulsów pola mikrofalowego (K+IPM15) obniżyła się o 2% w przypadku nasion soi 'Aldana' i 'Nawiko' oraz o 3% w soi 'Augusta'. W nasionach poddanych 20 impulsom pola mikrofalowego (K+IPM20) stopień inaktywacji inhibitorów trypsyny wynosił w przypadku soi odmian: Nawiko, Augusta i Aldana odpowiednio 2, 3 oraz 5%.

Na rys. 6. przedstawiono zawartość polifenoli w zależności od odmiany i zastosowanego procesu technologicznego. Procesy termiczne (K+PM1000 oraz K+PM2000) spowodowały statystycznie istotny ($P < 0,05$) wzrost zawartości polifenoli w nasionach soi odmiany Augusta (o 6%). W przypadku 'Aldany' i 'Nawiko' zmiany zawartości polifenoli nie były statystycznie istotne ($P > 0,05$). Odmienne wyniki otrzymali Pisulewski i wsp. [22]. W ich doświadczeniach poddanie

procesom termicznym kiełkowanych nasion bobu nie prowadziło do systematycznych zmian zawartości tych związków. W doświadczeniach Alonso i wsp. [1], przeprowadzonych w podobnych warunkach, zawartość polifenoli uległa zmniejszeniu. Nie zaobserwowano wyraźnego ($P > 0,05$) wpływu na ww. związki zastosowanych procesów nietermicznych (K+IPM15 oraz K+IPM20).

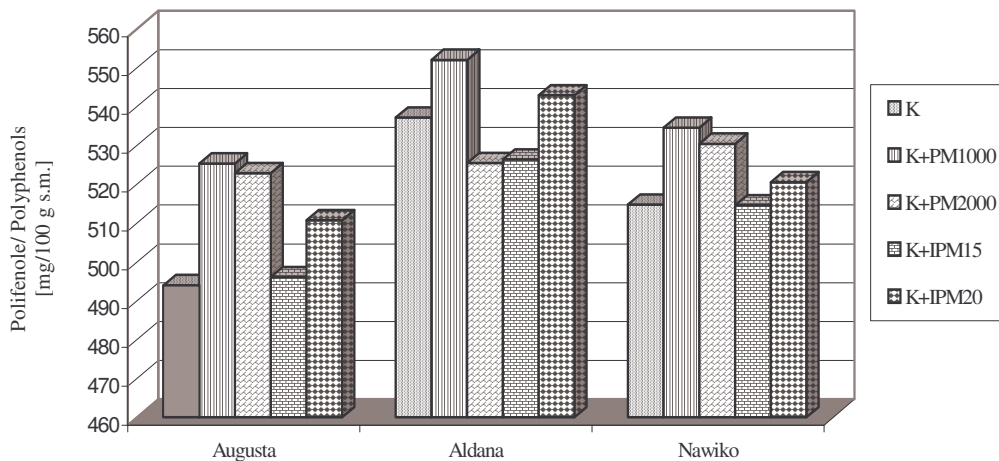


Rys. 5. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na aktywność inhibitorów tripsyny w nasionach trzech odmian soi.

Fig. 5. The influence of germinating and affecting of microwave field on trypsin inhibitors activity in three different cultivars of soybean seeds

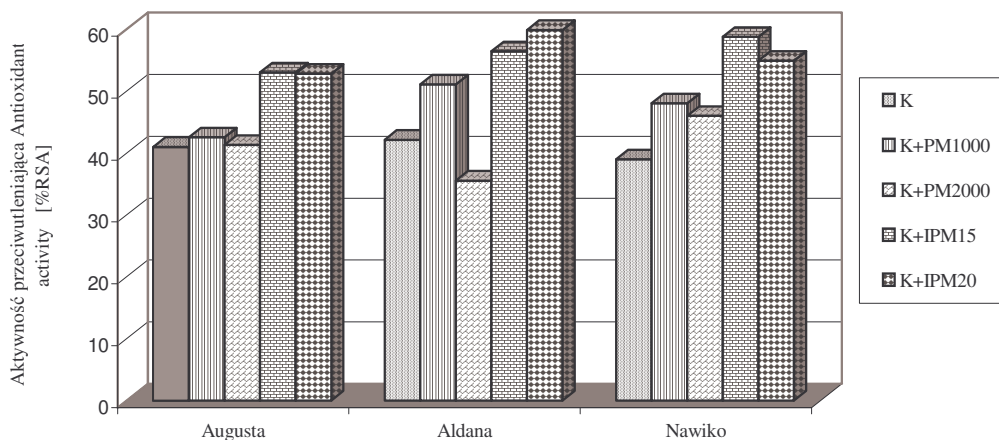
Wpływ procesów technologicznych na aktywność przeciwutleniającą badanego materiału przedstawiono na rys. 7. Zastosowane procesy termiczne (K+PM1000, K+PM2000) nie doprowadziły do statystycznie istotnych ($P > 0,05$) zmian aktywności przeciwutleniającej nasion soi 'Augusta', natomiast spowodowały znaczny ($P < 0,05$) wzrost w przypadku soi 'Aldana' (o 21%) oraz 'Nawiko' (o 18 i 23%). Koreluje to z wykazanim wcześniej wzrostem zawartości polifenoli. Obliczony współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy zawartością polifenoli oraz aktywnością przeciwutleniającą kiełkowanych nasion soi (K) oraz nasion poddanych obróbce nietermicznej przy zastosowaniu impulsowego pola mikrofalowego (K+IPM15, K+IPM20) wyniósł: $r_{xy} = 0,3$. Świadczy to o umiarkowanej zależności łączącej obie zmienne. Natomiast współczynnik korelacji liniowej Pearsona tych samych cech w przypadku kiełkowanych nasion soi (K) oraz nasion poddanych ogrzewaniu za pomocą ciągłego pola mikrofalowego (K+PM1000, K+PM2000) wyniósł: $r_{xy} = 0,9$, co dowodzi silnej zależności łączącej obie zmienne. Wobec powyższego można powiązać obecność polifenoli z aktywnością przeciwutleniającą nasion soi. Zaskakującym wynikiem wydaje się statystycznie istotne ($P < 0,05$) obniżenie (o 14%) aktywności przeciwutleniającej nasion soi 'Aldana' poddanych działaniu ciągłego pola mikrofalowego o zakresie absorpcji energii 2000 J/g (K+PM2000). Mogło ono być spowodowane zmniejszeniem aktywności antytrypsynowej oraz niewielką redukcją

polifenoli. Zastosowane procesy nietermiczne doprowadziły do wyraźnego wzrostu



Rys. 6. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na zawartość polifenoli w nasionach trzech odmian soi

Fig. 6. The influence of germinating and affecting of microwave field on polyphenols content in three different cultivars of soybean seeds



Rys. 7. Wpływ kiełkowania oraz oddziaływania pola mikrofalowego na aktywność przeciwutleniającą nasion trzech odmian soi.

Fig. 7. The influence of germinating and affecting of microwave field on antioxidant activity in three different cultivars of soybean seeds.

($P < 0,05$) aktywności przeciwutleniającej nasion soi, niezależnego od ilości zastosowanych impulsów. Było to prawdopodobnie wynikiem wzrostu aktywności inhibitorów tripsyny przy jednoczesnym braku zmian zawartości polifenoli. Największy wzrost aktywności przeciwutleniającej po działaniu impulsowego pola mikrofalowego (K+IPM15 oraz K+IPM20) zaobserwowano w przypadku soi odmiany

Nawiko (odpowiednio o 51 i 41%), nieco mniejszy w 'Aldanie' (o 33 i 43%), a najmniejszy, ale statystycznie istotny ($P < 0,05$) w soi 'Augusta' (o 29%).

Wnioski

1. Wykazano zróżnicowanie odmianowe badanych nasion roślin strączkowych, a ich podstawowy skład chemiczny był zgodny z danymi literaturowymi.
2. Kiełkowanie nasion spowodowało zmianę proporcji składników żywieniowych. Zmniejszeniu zawartości sacharydów równocześnie towarzyszył wzrost zawartości tłuszczu oraz białka.
3. Kiełkowanie nasion spowodowało statystycznie istotną ($P < 0,05$) redukcję aktywności inhibitorów trypsyny i polifenoli oraz obniżenie aktywności przeciwutleniającej.
4. Procesy termiczne (K+PM1000, K+PM2000) spowodowały statystycznie istotną ($P < 0,05$) inaktywację termolabilnych składników nasion soi (inhibitorów trypsyny), przy jednoczesnym wzroście zawartości polifenoli oraz aktywności przeciwutleniającej.
5. Zastosowanie procesów nietermicznych (K+IPM15, K+IPM20) spowodowało istotny ($P < 0,05$) wzrost aktywności inhibitorów trypsyny oraz aktywności przeciwutleniającej badanych nasion.
6. Wykazano dodatnią, umiarkowaną korelację pomiędzy zawartością polifenoli a aktywnością przeciwutleniającą kiełkowanych i poddanych obróbce nietermicznej nasion soi oraz silną w przypadku poddanych procesom termicznym.

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, **68**, 159-165.
- [2] Anderson R.L., Wolf W.J.: Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J. Nutr.*, 1995, **125**, 581S-588S.
- [3] AOAC, Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA 1995.
- [4] Dolińska R., Warchalewski J.R.: Przyszłościowe technologie żywności z udziałem mikrofal i ich wpływ na składniki żywności. *Przem. Spoż.*, 2003, **11**, 2-27.
- [5] Donangelo C.M., Trugo L.C., Trugo N.M.F., Eggum B.O.: Effect of germination of legume seeds on chemical composition and protein and energy utilisation in rats. *Food Chem.*, 1995, **53**, 23-27.
- [6] Frans H.M.G. Savelkoul, Hung Boer, Tamminga S., van Oort M.G.: Biotechnological degradation of lectins, tannins and trypsin inhibitors in legumes. Conference Europeenne sur les protea - gineux, Angers 1992, pp. 197-398.
- [7] Ghorpade V.M., Kadam S.S.: Germination. W: CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry. Processing Technology and Utilization. CRC Press, Inc. Boca Raton, Floryda 1989, pp. 165-176.
- [8] Gould G.W.: New processing technologies: an overview. Symposium on "Nutritional effects of new processing technologies". *Proc. Nutr. Soc.*, 2001, **60**, 463-474.

- [9] Jacórzyński B., Baryłko-Pikielna N.: Perspektywy wykorzystania nasion roślin strączkowych w żywieniu ludzi. *Przeg. Gastr.*, 1981, **1**, 9-12.
- [10] Jasińska Z., Kotecki A.: *Rośliny strączkowe*. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa 1993.
- [11] Kakade M., Rackis J., Mc Ghee J., Puski G.: Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.*, 1974, **51** (3), 376-382.
- [12] Khalil A.H., Mansour E.H.: The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritonal quality of faba beans. *Food Chem.*, 1995, **54**, 177-189.
- [13] Knorr D., Ade-Omowaye B.I.O., Heinz V.: Nutritional improvement of plant foods by non-thermal processing. *Proc. Nutr. Soci.*, 2002, **61**, 311-318.
- [14] Kołożyn-Krajewska D.: Bezpieczeństwo mikrobiologiczne produktów żywnościowych utrwalanych metodami nietermicznymi. *Przem. Ferm. Owoc.Warz.*, 1999, **9**, 2-6.
- [15] Konecka K.: Soja dawniej i dzisiaj. *Postępy Nauk Rolniczych*, 1991, **4-6**, 19-27.
- [16] Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B.: Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. *Wyd. Lek. PZWL*. Warszawa 1999.
- [17] Leontowicz H., Kulasek G.: Naturalne pokarmowe inhibitory enzymów trawiennych. *Med. Wet.*, 1998, **3**, 159-165.
- [18] Lewicki P.P.: Przyszłościowe kierunki rozwoju technologii żywności. *Żywność, Żywienie a Zdrowie*, 1999, **3**, 247-258.
- [19] Maciejewska E., Smaczyński R., Świdorski F.: Changes in contents of selected components in soybean and bean seeds during germination. *Annals of Warsaw Agricultural University SGGW Forestry and Wood Technology*, 1993, **20**, 51-56.
- [20] Pekkarinen S.S., Stöckmann H., Schwarz K., Heinonen I.M., Hopia A.I.: Antioxidant activity and partitioning of phenolic acids in bulk and emulsified methyl linoleate. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 3036-3043.
- [21] Pisulewska E., Pisulewski P.M.: Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 2000, **86**, 261-265.
- [22] Pisulewski P.M., Pisulewska E.K., Sawina-Pysz J.: Wpływ procesów termicznych oraz kiełkowania na skład chemiczny i zawartość substancji nieodżywczych w suchych nasionach bobu (*Vicia faba var. major*). *Bibl. Frag. Agr.*, 2000, 8.
- [23] Pysz M., Bieżanowska R., Pisulewski P.M.: Porównanie wpływu zabiegów termicznych i kiełkowania na skład chemiczny, zawartość substancji nieodżywczych oraz wartość odżywczą białka nasion grochu i soi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **1** (26), 85-91.
- [24] Rajkó R., Szabó G.: Designed experiments for reducing antinutritive agents in soybean by microwave energy. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 3565-3569.
- [25] Sumnu G.: A review on microwave baking of foods. *Int. J. Food Sci. Techn.*, 2001, **36**, 117-127.
- [26] Świdorski F., Paraska W., Waszkiewicz-Robak B.: Receptury potraw z udziałem roślin strączkowych dla zakładów żywienia zbiorowego. *Przedsiębiorstwo Badawczo-Projektowe Zdrowa Żywność*, 1989, s. 2-7.
- [27] Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B.: Soja w żywieniu człowieka. *Biulet. Instyt. Hod. i Akł. Roś. SGGW*, 1996, **198**, 163-170.
- [28] Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B., Sadowska E.: Wykorzystanie nasion nowych odmian soi w produkcji żywności. *Biulet. Instyt. Hod. i Ak. Roś. SGGW*, 1987, **164**, 151-158.
- [29] Vidal-Valverde C., Frias J., Diaz-Pollan C., Fernandez M., Lopez-Jurado M., Urbano G.: Influence of processing on trypsin inhibitor activity of faba beans and its physiological effect. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 3559-3564.
- [30] Zadernowski R., Borowska J.: Charakterystyka wybranych substancji antyżywnościowych występujących w nasionach strączkowych. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 1992, **1**, 20-22.

**THE INFLUENCE OF PULSE AND CONTINUOUS MICROWAVE FIELD AFFECTING
ON NUTRITION VALUE AND ANTIOXIDANT PROPERTIES
OF GERMINATED SOYBEAN SEEDS**

S u m m a r y

The purpose of the research was to compare the influence of non-thermal and thermal food processing method, pulse and continuous microwave field affecting on nutrition value, selected nonnutritive components and antioxidant properties of germinated soybean seeds.

Seeds of three locally grown soybean cultivars: Augusta, Aldana, Nawiko were used as the test material. The seeds were subject to germination, and then to non-thermal processing with pulse microwave field and heating by continuous microwave field. Standard AOAC methods were applied to determine basic chemical composition of samples. Trypsin inhibitor activity was determined acc. to Kakade at all method, polyphenol content was determined using Folin and Ciocalteau's phenol phenol reagent, and antioxidant activity was measured acc. to Pekkarinen at all method using stable free radical DPPH'.

Seed germination led to statistically important ($P < 0.05$) reduction in trypsin inhibitor activity and polyphenol content, and it reduced antioxidant activity. Thermal processes resulted in statistically substantial ($P < 0.05$) inactivation of thermo-labile soybean seed component (trypsin inhibitors), and at the same time increased polyphenol content and antioxidant activity. Non-thermal process application brought about statistically considerable ($P < 0.05$) growth in trypsin inhibitor activity and antioxidant activity of studied seeds. Study proved positive moderate correlation between polyphenol content and antioxidant activity of germinated and put to non-thermal processing soybean seeds, and strong correlation of these parameters in case of seeds subject to thermal processes.

Key words: microwave field, germinated soybean seeds, polyphenols, antioxidant activity ☒