

MAŁGORZATA PIECYK, RENATA WALICKA

## WPLYW MODYFIKACJI HYDROTERMICZNEJ NA WŁAŚCIWOŚCI SKROBI WYZOŁOWANEJ Z WYBRANYCH NASION ROŚLIN STRĄCZKOWYCH

### Streszczenie

W pracy otrzymano preparaty skrobiowe ze zmielonych i obłuszczonych nasion fasoli wielokwiatowej odmiany tycznej Piękny Jaś (*Phaseolus multiflorus*) oraz bobu (*Vicia faba*) odmiany Bartom i poddawano modyfikacji hydrotermicznej (stosunek woda : skrobia 1:3) w temperaturze 60°C (skrobia bobu) lub 62°C (skrobia fasoli) przez 24 godz..

Uzyskane preparaty charakteryzowały się wysoką zawartością skrobi, przy czym w preparacie z nasion bobu było jej więcej (96,3%) niż w preparacie z nasion fasoli (91,6%). Natomiast zawartość amylozy była na zbliżonym poziomie w obu preparatach z nasion fasoli i bobu i wynosiła odpowiednio 25 i 26%. Skrobia z fasoli miała wyższą zdolność wiązania wody w 60°C (6,2 g H<sub>2</sub>O/g) w porównaniu ze skrobią bobu (4,4 g H<sub>2</sub>O/g), natomiast rozpuszczalność była zbliżona i wynosiła odpowiednio 9,9 i 10,7%. Podniesienie temperatury do 80°C wpływało na zwiększenie zarówno rozpuszczalności, jak i wodochłonności. Badane skrobie fasoli i grochu charakteryzowały się dość niską strawnością, wynoszącą odpowiednio 46,9 i 39,3%.

Badania skrobi modyfikowanej hydrotermicznie (PSMH) wykazały, że zastosowana modyfikacja spowodowała dalsze oczyszczenie preparatu (zmniejszenie zawartości popiołu i białka) oraz zmniejszenie zawartości amylozy i powierzchni właściwej ziaren skrobiowych.

Modyfikacja wpłynęła jednak na zmniejszenie wodochłonności i rozpuszczalności preparatów skrobiowych. Odnotowano jednak wzrost tych wartości wraz ze wzrostem temperatury z 60 do 80°C. Stwierdzono również znaczną poprawę strawności *in vitro* skrobi (>1,5-krotną) obu preparatów.

**Słowa kluczowe:** skrobia, modyfikacja hydrotermiczna, rozpuszczalność, wodochłonność, strawność

### Wprowadzenie

Skrobie zbożowe i ziemniaczane są izolowane, modyfikowane i wykorzystywane w różnych produktach, a ich właściwości zostały już dokładnie poznane. Natomiast ziarna roślin strączkowych początkowo uważane były raczej za źródło białek niż wę-

---

Dr inż. M. Piecyk, mgr inż. R. Walicka, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

glowodanów, chociaż zawierają ich od 24 do 68% [23], z czego skrobia stanowi 22-45% [8]. Skrobie roślin strączkowych różnią się pod względem zawartości amylozy, kompleksów amylozo-lipidowych i zakresu asocjacji łańcuchów wewnątrz natywnych ziaren skrobiowych [7].

Właściwości skrobi decydują o jej zastosowaniu w produktach żywnościowych. W zależności od końcowego zastosowania, jedną lub więcej tych właściwości, które mogą zostać uznane za niepożądane lub niewystarczające, można poprawić stosując modyfikacje skrobi [1], a właściwości skrobi macierzystych mają znaczący wpływ na właściwości skrobi modyfikowanych [26].

Tradycyjne metody modyfikacji skrobi obejmują zmiany struktury cząsteczkowej i nadcząsteczkowej skrobi w toku przemian fizycznych, chemicznych, enzymatycznych [15], bądź też kombinacje tych metod, przy czym najczęściej stosowane są metody chemiczne, gdyż są one najefektywniejsze [14].

Konsumenci z pewną ostrożnością traktują produkty zawierające skrobie modyfikowane chemicznie. Zastrzeżenia dotyczą głównie fosforanów skrobiowych, którym przypisuje się zwiększenie ilości fosforu w polskiej diecie, charakteryzującej się i tak niekorzystnym stosunkiem Ca:P. Niektóre skrobie modyfikowane spożywane w większych ilościach mogą również wywierać niekorzystny wpływ na skład krwi, a w szczególności na poziom cholesterolu we krwi [3, 4]. Dlatego też obecnie obserwuje się wzrost zainteresowania modyfikacją fizyczną, ze względu na większe bezpieczeństwo dla zdrowia związane z zastosowaniem tak modyfikowanej skrobi, co ma duże znaczenie zwłaszcza w przypadku stosowania jej w żywności [12]. Najczęściej stosowane modyfikacje hydrotermiczne, zmieniające właściwości fizykochemiczne skrobi bez utraty jej ziarnistej struktury to: annealing (ANN) – inkubacja skrobi przy nadmiarze wody (>60% m/m) lub przy pośredniej zawartości (40-55%) lub heat-moisture treatment (HMT) - inkubacja skrobi przy niskim poziomie wilgotności (<35% m/m).

Modyfikacja typu annealing nie wpływa na wielkość i kształt ziarenek skrobiowych [27], natomiast prowadzi do podniesienia temperatury kleikowania skrobi o 4-8°C, nawet do 10°C w przypadku modyfikacji wielostopniowej [11] oraz zawężenia zakresu temperatury, w którym proces ten zachodzi. Obie modyfikacje mają też różny wpływ na inne właściwości funkcjonalne skrobi, jak: kleikowanie, zdolność pęcznienia i ługowania amylozy oraz podatność na kwasową i enzymatyczną hydrolizę, w zależności m.in. od botanicznego pochodzenia skrobi i warunków przeprowadzania modyfikacji. [11, 27].

Celem pracy było określenie wpływu modyfikacji hydrotermicznej typu annealing na właściwości skrobi otrzymanej z nasion fasoli wielokwiatowej (*Phaseolus multiflorus*) i bobu (*Vicia faba*).

### Material i metody badań

Preparaty otrzymywano ze zmielonych i obłuszczonych nasion fasoli wielokwiatowej odmiany tycznej Piękny Jaś oraz z bobu odmiany Bartom. Prowadzono ekstrakcję białek w środowisku o pH 10, następnie przemywano osad wodą i trzykrotnie alkoholem, po czym suszono w temp. pokojowej. Otrzymane preparaty niemodyfikowane (PSNM) zmieszane z wodą w stosunku 1:3 poddawano modyfikacji hydrotermicznej w temp. 60°C (skrobia bobu) lub 62°C (skrobia fasoli) przez 24 godz. Po tym czasie próbki odwirowywano i suszono w 40°C, a następnie mielono i przesiewano przez sita o średnicy oczek 0,08 mm w celu uzyskania jednolitej granulacji końcowego produktu – preparatów skrobi modyfikowanej hydrotermicznie (PSMH).

We wstępnych badaniach przeprowadzono charakterystykę chemiczną otrzymanych preparatów skrobiowych. Oznaczano zawartość skrobi polarymetrycznie metodą znormalizowaną po rozpuszczeniu w kwasie solnym (0,309 mol/dm<sup>3</sup>) w temp. wrzenia oraz zawartość amylozy metodą Morissona i Laigneleta [19] oraz powierzchnię właściwą wg Fortuny i wsp. [2]. Zawartość azotu (przelicznik na białko 6,25), związków mineralnych w postaci popiołu i suchą masę oznaczano znormalizowanymi metodami.

W preparatach modyfikowanych i próbkach wyjściowych oznaczano zdolność wiązania wody i rozpuszczalność wg Leacha i wsp. [13]. Strawność skrobi *in vitro* oznaczano metodą Muira i O'Dea [21] zmodyfikowaną przez Galińskiego i wsp. [4]. Do hydrolizy skrobi stosowano ślinę oraz amyloglukozydazę, pankreatynę i Termamyl 120L. Po hydrolizie wyliczano stosunek skrobi łatwo trawionej i wolnej glukozy do skrobi całkowitej i wolnej glukozy. Końcową wartość wyrażano w procentach. Uwolnioną glukozę podczas trawienia oznaczano po reakcji z kwasem dinitrosalicylowym (DNS), mierząc absorbancję w spektrofotometrze (Shimadzu, UV-1201V) przy  $\lambda = 550$  nm.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statgraphics wersja Plus 2.1. Do porównania średnich wartości wyników w populacjach zastosowano test Duncana.

### Wyniki i dyskusja

Zastosowana w pracy metoda izolacji pozwoliła na uzyskanie preparatów o wysokiej zawartości skrobi, która zależała od gatunku nasion i wynosiła 91,63% s.m. w fasoli oraz 96,08% s.m. w bobie (tab.1). Uzyskane wyniki są zbliżone do rezultatów Morada i wsp. [18], w otrzymanych preparatach skrobiowych z różnych roślin strączkowych (od 90,8% w bobie do 91,3–91,5% w soczewicy i grochu żółtym) oraz Soral-Śmietany [25], z różnych odmian bobu – 95,03 do 96,08% s.m.

Natomiast zawartość amylozy w skrobi (PSNM) wynosiła 25,09% w fasoli oraz 26,06% w bobie (różnice statystycznie istotne). Uzyskane wyniki są zbliżone do da-

nych literaturowych dotyczących skrobi różnych roślin strączkowych tj. 20–26% [22] oraz 20,7–30,1% [6], a jednocześnie niższe od wartości 29–34% podawanych przez Morada i wsp. [18]. Zhou i wsp. [28] uzyskali jeszcze większą rozpiętość wyników: od 30,5% (soczewica) do 78,5% (groch marszczony). Modyfikacja hydrotermiczna spowodowała istotne statystycznie zmniejszenie zawartości amylozy, zarówno w skrobi otrzymanej z fasoli, jak i z bobu, odpowiednio do poziomu 23,86 oraz 21,18%. Wymywanie amylozy w wyniku inkubacji skrobi w nadmiarze wody w podwyższonej temperaturze zachodzi powszechnie. Zjawisko to w znacznym stopniu w skrobi grochu i w niewielkim w skrobi pszenicy zaobserwowała Jacobs i wsp. [11], a Hoover i Vasanthan [10] w skrobi otrzymanej z ziemniaka, owsa i soczewicy.

Tabela 1

Charakterystyka skrobi w preparatach niemodyfikowanych (PSNM) i modyfikowanych hydrotermicznie (PSMH).

Starch characteristic in the preparations non-modified (PSNM) and hydrothermal modified (PSMH).

Źródło skrobi Starch source	Rodzaj preparatu Type of preparation	Zawartość skrobi [% s.m.] Starch content [% d.m.]	Zawartość amylozy [% s.m. skrobi] Amylose content [% d.m.of starch]	Powierzchnia właściwa [m <sup>2</sup> /g] Real surface [m <sup>2</sup> /g]
Fasola wielokwiatowa Runner bean Piękny Jaś	PSNM	91,63 <sup>a</sup> ± 0,01	25,09 <sup>a</sup> ± 0,08	4,59 <sup>a</sup> ± 0,08
	PSMH	92,45 <sup>b</sup> ± 0,36	23,86 <sup>b</sup> ± 0,06	4,08 <sup>b</sup> ± 0,12
Bób Broad bean Bartom	PSNM	96,32 <sup>c</sup> ± 0,37	26,06 <sup>c</sup> ± 0,15	4,53 <sup>a</sup> ± 0,14
	PSMH	96,08 <sup>c</sup> ± 0,354	21,18 <sup>d</sup> ± 0,18	3,97 <sup>b</sup> ± 0,18

Objaśnienia: / Explanatory notes:

± odchylenie standardowe/ standard deviation;

a-d te same litery w kolumnie oznaczają brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi (p ≥ 0,95) / the same letters in column show no significant differences between means (p ≥ 0.95).

Modyfikacja hydrotermiczna spowodowała statystycznie istotne zmniejszenie powierzchni właściwej ziarenek skrobiowych obu badanych preparatów do wartości 4,08 m<sup>2</sup>/g w przypadku skrobi fasolowej oraz 3,97 m<sup>2</sup>/g skrobi z bobu. Wyniki badań przeprowadzonych przez Hoovera i Manuela [9] nie wykazały wpływu modyfikacji hydrotermicznej heat-moisture treatment na strukturę ziaren skrobiowych pochodzących z różnych roślin strączkowych. Ziarna skrobiowe badanych roślin (poza soczewicą) po modyfikacji pozostawały zazwyczaj gładkie.

W tab. 2. przedstawiono ogólną charakterystykę badanych preparatów skrobi. Oznaczano m.in. zawartość białek, których zbyt duża zawartość ma niekorzystny wpływ na cechy sensoryczne [26]. Porównując zawartość białka w PSNM można stwierdzić, że była ona mała i wynosiła 1,00% w preparacie otrzymanym z fasoli oraz 0,94% w pochodzącym z bobu. Niemniej jednak obie wartości są zdecydowanie wyższe od danych publikowanych przez Hoovera i Ratnayake [6] oraz Ratnayake i wsp. [23] dotyczących zawartości azotu w skrobi roślin strączkowych: 0,04–0,09% oraz 0,04–0,07%. Natomiast Soral-Śmietana [25] otrzymała znacznie wyższą zawartość związków azotowych (0,42–0,65%) w wyizolowanej skrobi z różnych odmian bobu. Na zawartość białka w skrobi duży wpływ ma metoda jej izolacji z rośliny oraz obecność białek wewnątrz granulek skrobiowych.

Tabela 2

Charakterystyka chemiczna preparatów skrobiowych niemodyfikowanych (PSNM) i modyfikowanych hydrotermicznie (PSMH).

Chemical characteristic of starch preparations non modified (PSNM) and hydrothermal modified (PSMH).

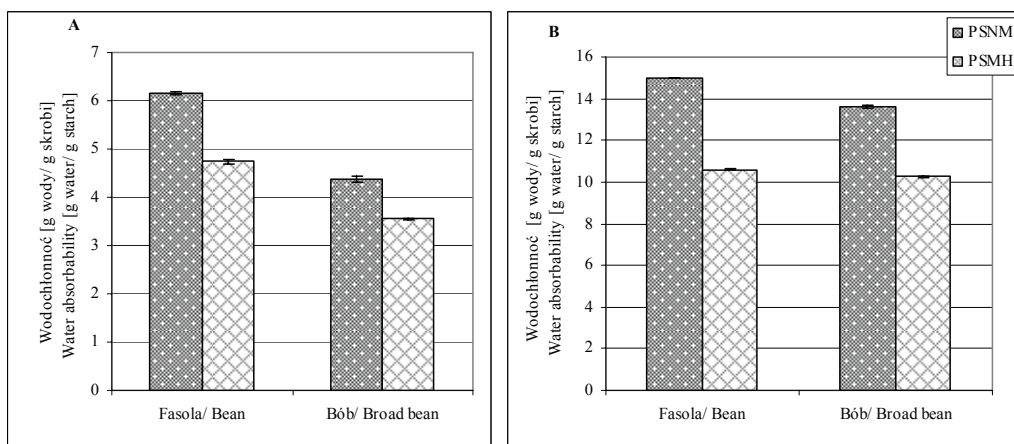
Źródło skrobi Starch source	Rodzaj preparatu Type of preparation	Wilgotność [%] Moisture [%]	Popiół [% s.m.] Ash [%d.m.]	Białko [% s.m.] Protein [%d.m.]
Fasola wielokwiatowa Runner bean Piękny Jaś	PSNM	8,86 <sup>a</sup> ± 0,01	0,62 <sup>a</sup> ± 0,01	1,00 <sup>a</sup> ± 0,01
	PSMH	9,24 <sup>b</sup> ± 0,06	0,60 <sup>b</sup> ± 0,01	0,85 <sup>b</sup> ± 0,01
Bób Broad bean Bartom	PSNM	9,27 <sup>b</sup> ± 0,03	0,78 <sup>c</sup> ± 0,01	0,94 <sup>c</sup> ± 0,01
	PSMH	8,65 <sup>c</sup> ± 0,04	0,74 <sup>d</sup> ± 0,01	0,81 <sup>d</sup> ± 0,01

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

Na skutek modyfikacji hydrotermicznej zawartość białka w obydwu preparatach skrobiowych statystycznie istotnie zmniejszyła się do poziomu 0,85% (fasola) oraz 0,81% (bób), co związane jest z dalszym jego oczyszczeniem.

Porównując uzyskane wyniki wodochłonności, można stwierdzić, że wyraźniejsze powinowactwo do środowiska wodnego, w obydwu wartościach temperatury, wykazała skrobia fasoli wielokwiatowej: w temperaturze 60°C osiągnęła wartość 6,16 g H<sub>2</sub>O/g s.m., natomiast skrobia bobu 4,78g H<sub>2</sub>O/g s.m (rys. 1). Analiza statystyczna wyników wykazała istotny wpływ pochodzenia skrobi na jej wodochłonność. Uzyskane wyniki są zgodne z danymi literaturowymi, które podają, że zdolność wiązania wody przez skrobie roślin strączkowych jest na ogół mała i z reguły nie przekracza 10 g H<sub>2</sub>O/g próbki [24]. Jednak oznaczona wodochłonność skrobi z fasoli wielokwiatowej (*Phase-*

*olus multiflorus*) była znacznie wyższa od danych literaturowych dotyczących innego gatunku fasoli. Soral-Śmietana [25] wykazała, że absorpcja wody przez skrobię fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris*) wynosi od 1,48 do 1,67 g H<sub>2</sub>O/g s.m. Inne źródła podają, że skrobia pochodząca z fasoli wiąże od 2,5 do 6,0 g H<sub>2</sub>O/g s.m. w temp. 60°C. Wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się zdolność wiązania wody i w 80°C wynosi ona od 7,0 do 13,0 g H<sub>2</sub>O/g s.m. [5, 7]. Na właściwość tę ma też wpływ zawartość ziaren uszkodzonych absorbujących więcej wody niż ziarna nieuszkodzone [5].



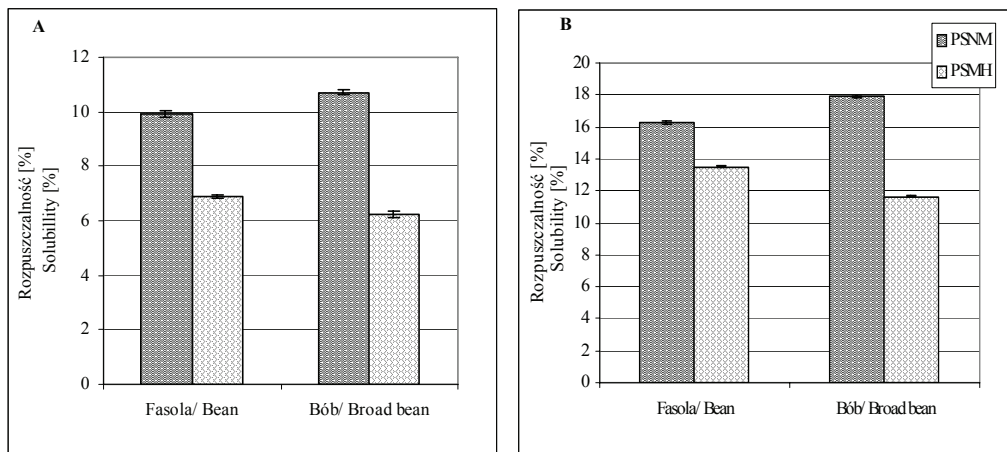
Rys. 1. Wodochłonność preparatów skrobiowych niemodyfikowanych (PSNM) i modyfikowanych hydrotermicznie (PSMH) w temperaturze 60°C (A) i 80°C (B).

Fig. 1. Water holding capacity in temperature 60°C (A) and 80°C (B) of starch preparations non modified (PSNM) and hydrothermal modified (PSMH).

Preparaty skrobiowe modyfikowane charakteryzowały się mniejszą zdolnością wiązania wody niż niemodyfikowane. Wynosiła ona w temp. 60°C 4,74 g H<sub>2</sub>O/g s.m. w przypadku skrobi fasoli, a bobu 3,97 g H<sub>2</sub>O/g s.m. Natomiast w temp. 80°C zdolność ta wzrosła ponad dwukrotnie, osiągając wartości 10,58 g H<sub>2</sub>O/g s.m. (skrobia fasoli) oraz 10,27 g H<sub>2</sub>O/g s.m. (skrobia bobu). Jednak PSNM wykazywały większą wodochłonność niż skrobia PSMH w tych wartościach temperatury.

W temp. 60°C preparat skrobiowy niemodyfikowany otrzymany z fasoli wielokwiatowej wykazywał rozpuszczalność na poziomie 9,9%, natomiast z bobu wyższą, tj. 10,71% (rys. 2). Podniesienie temp. oznaczenia o 20°C znacznie poprawiło rozpuszczalność obu preparatów niemodyfikowanych (16,31 i 17,90%). Uzyskane wyniki są dużo wyższe od danych dotyczących skrobi różnych odmian fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris*) podawanych przez Hoovera i Sosulskiego [7]: 1,5–3,5% w temp. 60°C i wzrastające do 6,5–9% w 80°C. Porównując jednak rozpuszczalność skrobi fasoli i innych roślin, można zauważyć, że wykazuje ona większą rozpuszczalność w tym sa-

mym zakresie temperatur niż skrobia pszenicy (2,27% w temp. 60°C i 3,21% w 80°C) i kukurydzy (0,31% w temp. 60°C i 1,24% w 80°C) [16].



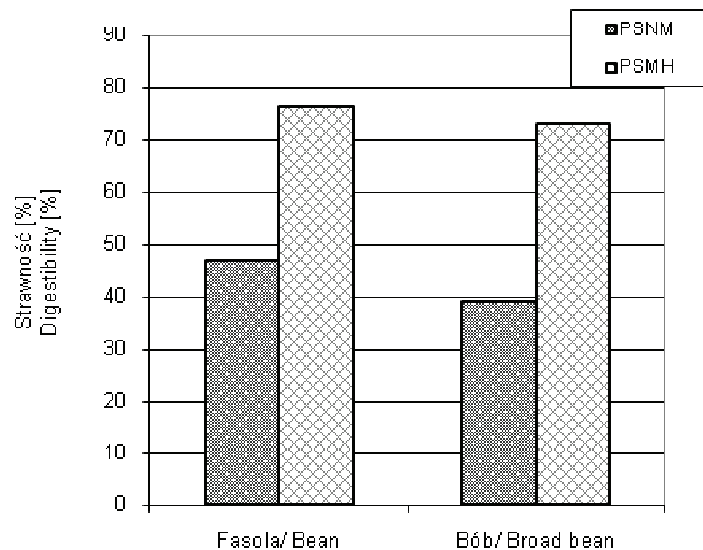
Rys. 2. Rozpuszczalność preparatów skrobiowych niemodyfikowanych (PSNM) i modyfikowanych hydrotermicznie (PSMH) w temperaturze 60°C (A) i 80°C (B).

Fig. 2. Solubility in temperature 60°C (A) and 80°C (B) of starch preparations non modified (PSNM) and hydrothermal modified (PSMH).

Preparat skrobiowy niemodyfikowany otrzymany z fasoli wielokwiatowej wykazywał wyższą strawność (46,92%) w porównaniu z preparatem pochodzącym z bobu (39,32%) (rys. 3). Z analizy wyników uzyskano potwierdzenie danych literaturowych [4, 11] na temat istotnego wpływu źródła skrobi na jej strawność. Wyniki te oscylują wokół wartości otrzymanych przez Marconiego i wsp. [17] dotyczących skrobi roślin strączkowych (42,2-45%), ale są wyższe od podawanych przez Hoovera i Sosulskiego [7], które w zależności od biotypu *Phaseolus vulgaris* wynosiły od 25 do 35%.

Natywne skrobie pochodzące z roślin strączkowych są lepiej strawne od natywnej skrobi ziemniaczanej czy z kukurydzy woskowej, ale mniej strawne od skrobi zbożowych czy manioku [7]. Modyfikacja hydrotermiczna skrobi spowodowała statystycznie istotny wzrost jej strawności, ponad 1,5-krotny (do 76,31%) w przypadku fasoli wielokwiatowej oraz prawie dwukrotny, do poziomu 73,08%, skrobi bobu.

Dostępność i przyswajalność skrobi można podwyższać na drodze obróbki technologicznej. Jak podaje Galiński i wsp. [4], duży wzrost strawności następuje na skutek zaburzenia struktury ziaren skrobi pod wpływem działania temperatury przy dostatecznej ilości wody. Jednak obserwowanej w pracy poprawy strawności skrobi po jej modyfikacji nie można tłumaczyć wzrostem powierzchni właściwej, bo jak wykazano jej wartość ulegała zmniejszeniu po tym procesie.



Rys. 3. Strawność skrobi z preparatów skrobiowych niemodyfikowanych (PSNM) i modyfikowanych hydrotermicznie (PSMH).

Fig. 3. Digestibility of starch on the preparations non modified (PSNM) and hydrothermal modified (PSMH),

Modyfikacja stosowana w niniejszej pracy zmienia właściwości termiczne skrobi bez znacznego wpływu na jej właściwości strukturalne, dlatego też może być wykorzystywana do zmiany właściwości funkcjonalnych skrobi i jej współdziałania z innymi składnikami żywności, wpływając na teksturę produktów żywnościowych [20].

### Wnioski

Zastosowanie modyfikacji hydrotermicznej typu annealing spowodowało:

- 1) dodatkowe oczyszczenie skrobi przez zmniejszenie zawartości białka,
- 2) zmniejszenie powierzchni właściwej ziaren skrobiowych,
- 3) zmniejszenie udziału frakcji amylozowej w skrobi,
- 4) zmniejszenie wodochłonności oraz rozpuszczalności zarówno w temp. 60°C, jak i 80°C,
- 5) znaczną poprawę strawności *in vitro* (>1,5-krotna).

Praca była prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.



### Literatura

- [1] Desphande S. S.; Sathe S. K.; Rangnekar P. D.; Salunkhe D. K.: Functional properties of modified black gram (*Phaseolus mungo* L.) starch. J. Food Sci., 1982, **47**, 1528-1533, 1602.
- [2] Fortuna T., Januszewska R., Wąchlewski T.: Metoda kolorymetrycznego oznaczania powierzchni właściwej skrobi różnego pochodzenia. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Technologia Żywności, 1996, **8**, 6-9.
- [3] Galiński G., Gawęcki J., Remiszewski M.: Strawność skrobi natywnych i modyfikowanych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2000, **3 (24)**, 58-68.
- [4] Galiński G., Gawęcki J., Lewandowicz G.: Strawność *in vitro* skrobi natywnych i modyfikowanych bez i z dodatkiem środków słodzących. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2000, **3 (24)**, 69-77.
- [5] Gujska E.; Reinhard W.; Khan K.: Physicochemical properties of Field Pea, Pinto and Navy Bean starches. J. Food Sci., 1994, **59 (4)**, 634-636, 651.
- [6] Hoover R., Ratnayake W.S.: Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. Food Chem., 2002, **78**, 489-498.
- [7] Hoover R., Sosulski F. W.: Composition, structure, functionality and chemical modification of legume starches: a review. Can. J. Physiol. Pharm., 1991, **69**, 79-92.
- [8] Hoover R., Zhou Y.: *In vitro* and *in vivo* hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes – a review. Carbohydr. Polym., 2003, **54**, 401-417.
- [9] Hoover R.; Manuel H.: Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of legume starches. Food Res. Int., 1996, **29 (8)**, 731-750.
- [10] Hoover R.; Vasanthan T.: Effect of annealing on the physicochemical properties of wheat, oat, potato and lentil starches. J. Food Biochem., 1994, **17**, 302-325.
- [11] Jacobs H., Mischenko N., Koch M.H.J., Eerlingen R.C., Delcour J.A., Reynaers H.: Evaluation of the impact of annealing on gelatinisation at intermediate water content of wheat and potato starches: A differential scanning calorimetry and small angle X-ray scattering study. Carbohydr. Res., 1998, **306**, 1-10.
- [12] Jacobs H.; Delcour J. A.: Hydrothermal Modifications of Granular Starch, with Retention of the Granular Structure: A Review. J. Agric. Food Chem., 1998, **46 (8)**, 2895-2905.
- [13] Leach H. W., Mc Cowen L. D., Schoch T. J.: Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chem., 1959, **36**, 534-537.
- [14] Leszczyński W.: Zróżnicowanie właściwości skrobi. Przem. Spoż., 2001, **3**, 38-40.
- [15] Lewandowicz G., Grajek W.: Możliwość modyfikacji skrobi metodami inżynierii genetycznej. Przem. Spoż., 2004, **11**, 16-20, 50.
- [16] Lorenz K., Collins F.: The Starch of the fababean (*Vicia faba*) comparison with wheat and corn starch. Starch, 1979, **6**, 181-184.
- [17] Marconi E, Ruggeri S., Cappelloni M., Leonardi D, Carnovale E.: Physicochemical, nutritional, and microstructural characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking. J Agric. Food Chem., 2000, **48 (12)**, 5986-94.
- [18] Morad M. M., Leung H.K., Hsu D.L., Finney P.L.: Effect of germination on physicochemical and bread-baking properties of yellow pea, lentil and Faba bean flours and starches. Cereal Chem., 1980, **57 (6)**, 390-396.
- [19] Morrison W.B., Laignelet B.: An important colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. J. Cereal Sci., 1983, **1**, 19-20.
- [20] Muhrbeck P.; Svensson E.: Annealing properties of potato starches with different degrees of phosphorylation. Carbohydr. Polym, 1996, **31**, 263-267.

- [21] Muir J.G., O'Dea K.: Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion *in vitro*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1992, **56**, 123-127.
- [22] Naivikul O., D'Appolonia B. L.: Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. *Starch. Cereal Chem.*, 1979, **56** (1), 24-28.
- [23] Ratnayake W. S., Hoover R., Shahidi F., Perera C., Jane J.: Composition, molecular structure and physicochemical properties of starches from four field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 2001, **74**, 789-202.
- [24] Reddy N. R., Pierson M. D., Sathe S. K., Salunkhe D. K.: Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates- A review. *Food Chem.*, 1984, **13**, 25-68
- [25] Soral-Śmietana M.: Charakterystyka fizykochemiczna skrobi bobiku. *Zesz. Nauk. ART w Olsztynie*, 1993, **25**, 141-150.
- [26] Swinkels J. J. M.: Composition and properties of commercial native starch. *Starch*, 1985, **37**, 1-5
- [27] Tester R.F., Debon S.J.J.: Annealing of starch- a review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2000, **27**, 1-12.
- [28] Zhou Y., Hoover R., Liu Q.: Relationship between  $\alpha$ -amylase degradation and the structure and physicochemical properties of legume starches. *Carbohydr. Polym.*, 2004, **57**, 299-317.

#### THE EFFECT OF THE HYDROTHERMAL MODIFICATION ON THE PROPERTIES OF THE STARCH OBTAINED FROM CHOSEN LEGUME SEEDS

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

The preparation of the starch from the grinding and shelling seeds of bean variety "Piękny Jaś" (*Phaseolus multiflorus*) and broad bean (*Vicia faba*) variety Bartom were obtained and modification hydrothermal (ratio starch: water – 1:3; temperature 60°C for broad bean or 62°C for bean; time 24 h) was applied.

The preparations were characterized by high starch content. There was higher starch content in preparation from broad bean (96.3%) than the preparation from bean seeds (91.6%). However amylose content was similarly of both preparation from the seeds of bean and broad bean and amounted 25 i 26%. Water holding capacity in temperature 60°C of starch from bean (6.2 g H<sub>2</sub>O/g ) was higher than starch from broad bean (4.4 H<sub>2</sub>O/g), so solubility was similarly 9.9 and 10.7% respectively. Increase of temperature to 80°C caused increase solubility and water holding capacity. The starch to mark the rather low digestibility of starch for bean 46,9% and 39,3% for broad bean.

Research of PSMH demonstrated, that modification applied caused more further purify the preparation (decreasing of content the ash, protein) and decreasing of amylose content and real surface of starch granules.

The modification caused a fall in the water binding capacity and the solubility of the preparations. However, these values increased when temperature was increased from 60°C to 80°C. Also there was a considerable improvement in the digestibility *in vitro* (> 1,5 once) of both preparations.

**Key words:** Starch, hydrothermal modification, solubility, water holding capacity, digestibility ☒