

URSZULA KRUPA, MARIA SORAL-ŚMIETANA

NASIONA FASOLI – ŹRÓDŁEM ODŻYWCZYCH I NIEODŻYWCZYCH MAKROSKŁADNIKÓW

Streszczenie

W czterech odmianach fasoli białej (*Phaseolus vulgaris* i *Phaseolus coccineus*) analizowano występowanie makroskładników odżywczych (skrobi, białka, składników mineralnych, mono- i disacharydów) oraz nieodżywczych, pełniących funkcje fizjologiczne w układzie pokarmowym (błonnik pokarmowy, skrobia oporna, oligosacharydy). W liścieniach odmian *Phaseolus coccineus* (Eureka, Piękny Jaś) stwierdzono wyższą zawartość skrobi (ok. 48% s.m.) w porównaniu z odmianami *Phaseolus vulgaris* (Aura, Biała), a pod względem zawartości białka dominowały odmiany *Phaseolus vulgaris* (17% s.m.). Masę cząsteczkową białek amorficznych określono w przedziale od $20 \cdot 10^3$ – $97 \cdot 10^3$ Da. Składniki mineralne (ok. 3% s.m.) były rozmieszczone równomiernie w całych nasionach fasoli, niezależnie od odmiany. Liścienie odmian *Phaseolus vulgaris* cechowały się wysoką zawartością frakcji skrobi, której nie hydrolizuje α -amylaza trzuskowa. Pod względem zawartości błonnika pokarmowego dominowała frakcja nierozpuszczalna w wodzie (ok. 12%). Analiza wyodrębnionych z nasion fasoli rozpuszczalnych sacharydów wykazała obok glukozy i sacharozy obecność oligosacharydów: rafinozy i stachiozy. Tak więc wykazano, że nasiona fasoli są cennym produktem żywnościowym.

Słowa kluczowe: skrobia, białka, skrobia oporna, błonnik pokarmowy, oligosacharydy.

Wstęp

Wartość odżywcza nasion fasoli związana jest z wysoką zawartością białka, skrobi, makro- i mikroelementów [34]. Białka nasion roślin strączkowych cechuje wysoka zawartość kwasu glutaminowego i asparaginowego oraz egzogennej lizyny, w porównaniu z ziarnami zbóż [3, 14, 32]. Z żywieniowego punktu widzenia występujące w nasionach roślin strączkowych oligosacharydy z rodziny rafinozy mają duże znaczenie dla człowieka [1]. Wskazuje się, że odgrywają one pozytywną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt, a szczególnie podkreśla się stymulujący wpływ na rozwój bifidobakterii w okrężnicy [12]. Stymulowa-

nie mikroflory przewodu pokarmowego wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu we krwi [21], sprzyja wytwarzaniu witamin z grupy B, a także poprawia przyswajalność wapnia z diety oraz podnosi tolerancję laktozy [22]. Jednak brak endogennego enzymu, α -galaktozydazy, w układzie pokarmowym człowieka utrudnia hydrolizę oligosacharydów z rodziny rafinozy. Powoduje to często dyskomfort pokarmowy, bowiem metabolizm oligosacharydów zachodzi dopiero w jelicie grubym pod wpływem enzymów mikroflory jelitowej [2]. Towarzyszy tym procesom wytwarzanie znacznych ilości produktów gazowych, szczególnie w przypadku metabolizmu stachiozy i rafinozy [17]. Zaburzenia gastryczne, jako skutek fermentacji bakteryjnej m.in. oligosacharydów i skrobi odpornej, to jedna z przyczyn eliminowania nasion roślin strączkowych z diety. Jednak niewskazane jest unikanie ich spożywania, a jedynie ograniczenie do ilości bezpiecznej, bądź stosowanie odpowiedniego doboru procesów technologicznych, jak m.in. moczenie, gotowanie lub kiełkowanie nasion oraz procesy fermentacyjne i enzymatyczne [2, 35].

Spożywanie wysoko przetworzonej żywności, pozbawionej składników o funkcji fizjologicznej, m.in. błonnika pokarmowego, może sprzyjać powstawaniu otyłości i cukrzycy insulinoniezależnej. Istotną rolę w prewencji tych chorób, a także chorób układu krążenia i nowotworowych przypisuje się błonnikowi, definiowanemu jako „suma nieulegających strawieniu przez endogenne enzymy przewodu pokarmowego polisacharydów i lignin” [29]. Wysoka zawartość włókna pokarmowego w diecie pobudza funkcję żucia i wydzielania śliny, buforuje i wiąże nadmiar kwasu solnego w soku żołądkowym, zwiększa wypełnienie jelit, pobudza ich ukrwienie i aktywność motoryczną, tworzy też korzystne podłoże do rozwoju pożądaney flory bakteryjnej [39]. Podobnie jak niedostatek, również nadmiar spożywanego błonnika jest szkodliwy, bowiem zwiększone spożycie ogranicza wchłanianie składników mineralnych i może powodować biegunki. Umiarkowane spożycie błonnika w diecie łatwo jest osiągnąć poprzez racjonalną konsumpcję nasion roślin strączkowych, surowych warzyw lub owoców oraz produktów pochodzących z pełnego przemiału. W przypadku błonnika pokarmowego zalecane jego spożycie określa się od 20 do 35 g/dobę [31].

Kolejnym ważnym, z dietetycznego punktu widzenia, składnikiem nasion fasoli jest skrobia oporna (RS), zdefiniowana przez Aspa [7] jako „suma skrobi i produktów jej degradacji, nieabsorbowana w jelicie cienkim zdrowego człowieka, lecz ulegająca fermentacji w jelicie grubym” [8]. Podobnie jak błonnik, skrobia oporna charakteryzuje się wieloma korzystnymi dla zdrowia człowieka właściwościami. Jest substratem stymulującym wzrost mikroflory jelitowej, co skutkuje tworzeniem krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w procesie fermentacji w jelicie grubym [13]. Ilość i proporcje kwasów tłuszczowych zależą od źródła pochodzenia botanicznego skrobi [36]. Są to głównie kwas octowy, propionowy i masłowy, które wspomagają wątrobę i mięśnie, a także, jak w przypadku maślanu, są źródłem energii potrzebnej do wzrostu i

prolifracji komórek epitelium. Obniżenie pH medium fermentacyjnego wskutek wykorzystania jako substratu skrobi odpornej kształtuje się zależnie od pochodzenia botanicznego skrobi [36]. Zjawisko obniżenia pH środowiska fermentacyjnego prowadzi w konsekwencji do wzrostu liczby bakterii kwasoodpornych *Bifidobacterium* i *Lactobacillus* [25].

W związku z rodzajem diety i nawykami żywieniowymi Polaków najczęściej spożywanym typem skrobi odpornej jest RS III, jako produkt procesu żelatynizacji i retrogradacji granul skrobi w ziemniakach, chlebie i produktach piekarskich [37]. W wielu krajach, w tym także w Polsce, obserwuje się korzystny wzrost ilości spożywanej skrobi odpornej, której źródłem są warzywa, owoce i soki owocowe. Brak jest ścisłych zaleceń dotyczących ilości skrobi odpornej, która powinna być spożywana, ale dane literaturowe pochodzące z okresu 1992–1997 z wielu krajów wskazują, iż zawiera się ona w szerokim zakresie od 3,5 do 8,5 g/dobę [9, 37, 38].

Pomimo wielu zalet obu składników, błonnika pokarmowego i skrobi odpornej, wynikających z ich korzystnego fizjologicznego oddziaływania na stan zdrowia oraz właściwości funkcjonalnych wpływających na polepszenie jakości wielu produktów [18], ich konsumpcja jest nadal trudna do określenia. Ważne więc jest propagowanie zmian przyzwyczajęń żywieniowych i popularyzowanie nowych tendencji, odpowiadających aktualnej piramidzie żywieniowej zwiększającej udział produktów pełnoziarnistych i warzyw w codziennej diecie.

Celem przeprowadzonych badań była analiza nasion fasoli jako produktu żywnościowego w aspekcie występowania makroskładników ważnych z punktu widzenia dobrostanu organizmu człowieka.

Material i metody badań

Badania prowadzone były na czterech odmianach fasoli białej: średnionasiennych (*Phaseolus vulgaris*): Aura (PPH „Cenos”, Września) i Biała (PPH „Kupiec”, Krzymów) oraz wielkonasiennych (*Phaseolus coccineus*): Eureka (HiNO, Gołębiew) i Piękny Jaś (PPH „Cenos”, Września), pochodzących ze zbiorów w 2001 r., których ocenę metryczną podano w tab. 1.

Analizie składu chemicznego poddano całe nasiona fasoli oraz liścienie i okrywę nasienną. Oznaczano wilgotność (130°C /1 h), zawartość skrobi ogółem [4], białka [5] i popiołu [5]. Do wyodrębnienia białek amorficznych z obłuszczonych nasion fasoli zastosowano metodę izolacji wg Fana i Sosulskiego [16]. Przeprowadzono ich rozdzielanie elektroforetyczne SDS-PAGE w 15% żelu poliakrylamidowym wg Laemmliego [28]. Do określenia mas cząsteczkowych otrzymanych frakcji białek użyto następujących wzorców: (97·10³ Da) fosforylaza b; (66·10³ Da) albumina; (45·10³ Da) owoalbumina; (30·10³ Da) anhydraza węglanowa; (20,1·10³ Da) inhibitor trypsyny; (14,4·10³ Da) α-laktoalbumina.

Tabela 1

Ocena metryczna nasion fasoli białej.
Metrical assessment of white bean seeds.

Odmiany nasion fasoli białej Bean seeds varieties	Masa 1000 nasion [g] Thousand seed mass [g]	Średnie wymiary nasion [mm] Average dimension [mm]		
		grubość thickness	długość length	szerokość width
Aura (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	414,29	6,1 ± 0,56	13,7 ± 1,16	7,8 ± 0,63
Biała (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	388,00	5,8 ± 0,42	13,2 ± 0,92	7,4 ± 0,48
Eureka (<i>Phaseolus coccineus</i>)	805,91	7,6 ± 0,67	17,8 ± 0,63	11,5 ± 0,52
PIĘKNY JAŚ (<i>Phaseolus coccineus</i>)	891,66	8,0 ± 1,05	18,1 ± 1,81	12,2 ± 0,87

Błonnik pokarmowy analizowano metodą Aspa i wsp. [6], oznaczając zawartość frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF). Zawartość skrobi odpornej (RS) oznaczono wg Champ i wsp. [13]. Skład oraz zawartość sacharydów rozpuszczalnych w roztworze 85% metanolu oznaczano za pomocą techniki HPLC. Do badań użyto zestawu chromatograficznego firmy Shimadzu składającego się z pompy LC-10AD, detektora refraktometrycznego RID-10A, systemu kontroli SCL-10AVP. Do analiz zastosowano kolumnę LUNA NH₂ (5 μ, 250 x 4,6 mm, Phenomex). Jako eluent używano 65% acetonitrylu. Prędkość przepływu wynosiła 1,5 ml/min, a objętość nanoszona na kolumnę 20 μl. Mikrostrukturę nasion fasoli po napyleniu suchych próbek warstwą złota analizowano w mikroskopie skaningowym JSM 5200 przy napięciu 5–10 KeV.

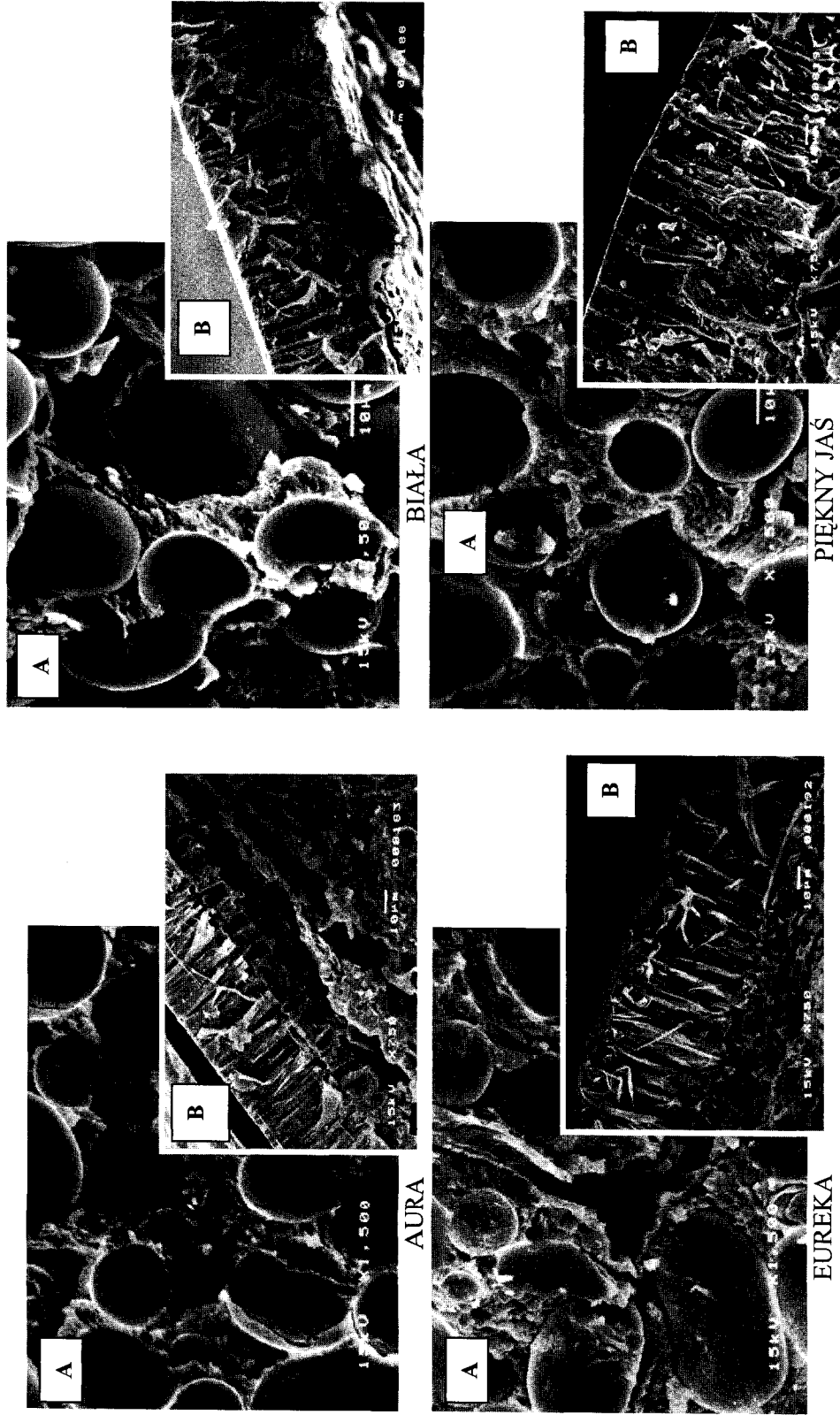
Wyniki i dyskusja

Spośród makroskładników pełniących ważną rolę odżywczą w żywności analizowano skrobię, białka i składniki mineralne ogółem (tab. 2). W całych nasionach wszystkich odmian fasoli zawartość skrobi ogółem kształtowała się różnorodnie, a ilość tego polimeru była porównywalna z uśrednionymi danymi tabelarycznymi w odniesieniu do nasion fasoli opisanymi przez Kunachowicz i wsp. [27]. Zawartość skrobi ogółem określona w obłuszczonych nasionach wskazała na zależność pomiędzy jej ilością a wielkością liścieni badanych nasion (tab. 1 i 2). Porównując uzyskane wyniki z wcześniejszymi badaniami [34], dotyczącymi tych samych odmian wielkosiennych, lecz pochodzących z innego sezonu wegetacji (1998 r.) można odnotować, że na gromadzenie tego polimeru oraz wielkość granул skrobi (fot. 1A), poza odmianą, również wpływają warunki klimatyczne w okresie wegetacji.

Tabela 2

Skład chemiczny nasion fasoli białej.
The chemical composition of white bean seeds.

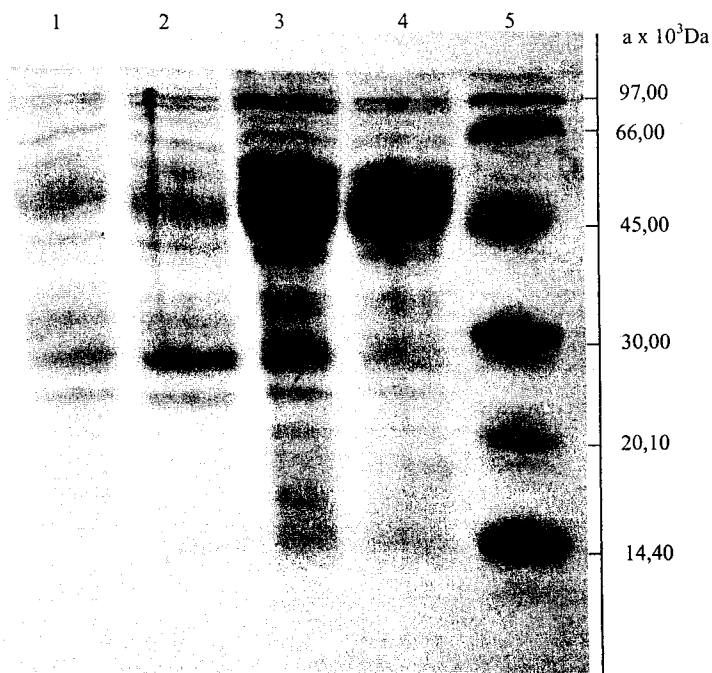
Nasiona fasoli białej – rodzaj próby Bean seeds varieties – kind of sample		Wilgotność [%] Moisture [%]	Skrobia ogółem [% s.m.] Total starch [% d.m.]	Białko [%] Protein [%] N x 6,25	Popiół [% s.m.] Ash [% d.m.]
Aura <i>(Phaseolus vulgaris)</i>	całe nasiona/ whole seeds	12,82	62,12 ± 2,38	17,76 ± 0,96	3,05 ± 0,08
	liścienie/ cotyledones	10,01	42,08 ± 2,71	19,68 ± 0,09	3,01 ± 0,28
	okrywa nasienna/ seed coats	8,15	-	5,43 ± 0,56	2,62 ± 0,14
Biała <i>(Phaseolus vulgaris)</i>	całe nasiona/ whole seeds	12,02	47,11 ± 2,44	17,22 ± 0,28	2,84 ± 4,41
	liścienie/ cotyledones	7,97	42,20 ± 2,03	21,61 ± 0,09	3,23 ± 0,07
	okrywa nasienna/ seed coats	9,37	-	6,08 ± 0,20	2,94 ± 0,04
Eureka <i>(Phaseolus coccineus)</i>	całe nasiona/ whole seeds	11,03	45,04 ± 0,42	17,20 ± 0,19	3,34 ± 0,03
	liścienie/ cotyledones	9,90	47,97 ± 1,59	18,90 ± 0,09	3,19 ± 0,07
	okrywa nasienna/ seed coats	9,02	-	5,40 ± 0,19	3,10 ± 0,18
Piękny Jaś <i>(Phaseolus coccineus)</i>	całe nasiona/ whole seeds	12,91	52,24 ± 1,05	15,80 ± 0,18	3,03 ± 0,08
	liścienie/ cotyledones	11,45	47,90 ± 0,82	16,56 ± 0,22	2,90 ± 0,14
	okrywa nasienna/ seed coats	8,54	-	5,65 ± 0,27	2,52 ± 0,07



Fot. 1. Elektronogramy (SEM) przekroju poprzecznego liścieni (A) i okrywy nasiennej (B) nasion fasoli białej.
 Phot. 1. Microstructure (SEM) of the cross-section of White Bean cotyledons (seed leaves) (A) and seed coats (B).

Zawartość białka w całych nasionach kształtowała się średnio na poziomie ok. 17% s.m. (tab. 2) i była zbliżona do wyników uzyskanych przez Sgarbieri [33]. Natomiast analiza białka jedynie w liścieniach wskazała, że odmiany średnionasienne Aura i Biała charakteryzowały się wyższą zawartością tego polimeru w porównaniu z badanymi wielkonasiennymi (tab. 2). W wyjaśnieniu tego zjawiska mogą być pomocne obserwacje przekroju badanych nasion (fot. 1A). W liścieniach nasion średniej wielkości *Phaseolus vulgaris* widoczna była gęściej upakowana matryca białkowa z wyraźną ziarnistością ciał białkowych. Z wcześniejszych badań obrazów przekroju liścieni takich odmian wynikało, że zawierały one więcej drobnych granул skrobi, co wiąże się z ukształtowaniem matrycy białkowej [34].

W wyodrębnionych, z liścieni nasion fasoli, białkach amorficznych po rozdziale elektroforetycznym wystąpiła odmienność mas cząsteczkowych podjednostek białkowych stwierdzona pomiędzy odmianami *Phaseolus vulgaris* i *Phaseolus coccineus* (fot. 2).



Fot. 2. Elektroforetyczny (SDS-PAGE) rozdział białek amorficznych nasion fasoli białej; 1 – Piękny Jaś, 2 – Eureka 3 – Biała, 4 – Aura, 5 – Marker.

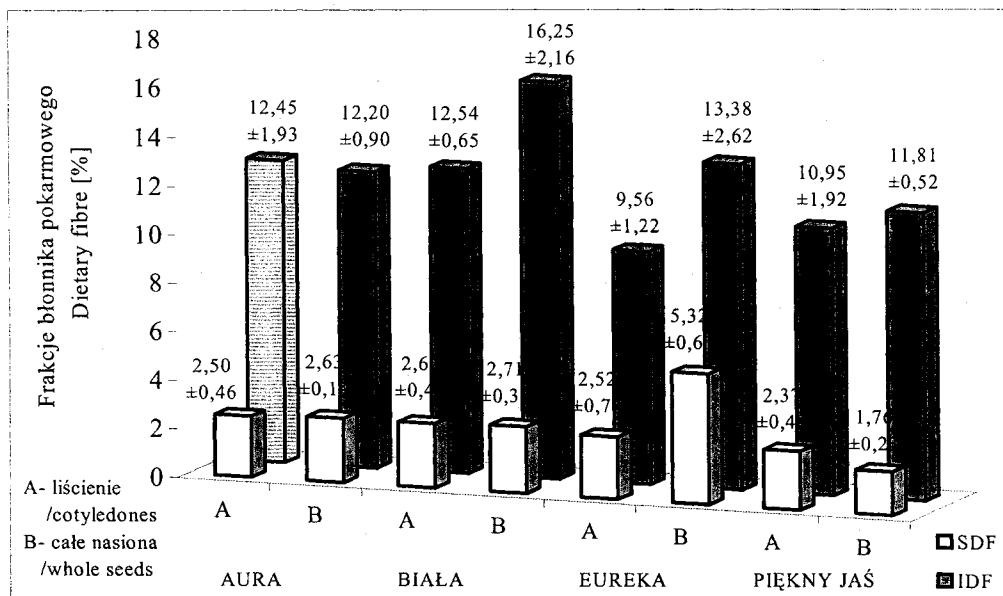
Phot. 2. Electrophoresis (SDS-PAGE) of amorphous proteins of white bean seeds.

W średnionasiennych *Phaseolus vulgaris* dominowały jednostki o masie obejmującej przedział od $45 \cdot 10^3$ Da do $60 \cdot 10^3$ Da. Porównanie ze standardem masowym sugeruje

ruje, że były to frakcje albuminowe lub im podobne. W profilu elektroforetycznym wystąpiły też białka o masie ok. $30 \cdot 10^3$ Da oraz ok. $97 \cdot 10^3$ Da, a także nieznaczne ilości o masie bliskiej $20 \cdot 10^3$ Da i $14 \cdot 10^3$ Da porównywalne do inhibitorów proteaz lub niskocząsteczkowych albumin.

Składniki mineralne ogółem, analizowane jako popiół, są ważne z żywieniowego punktu widzenia. Rozmieszczone były równomiernie w okrywie i liścieniach badanych nasion fasoli (tab. 2). Choć stanowią średnio ok. 3% s.m., to podkreślić należy, że są cennym źródłem potasu, pierwiastka stanowiącego od 14–20 mg/g całych nasion w zależności od odmiany [34].

Pośród makroskładników nieodżywczych pełniących funkcje fizjologiczne analizowano w nasionach fasoli występowanie błonnika pokarmowego, skrobi niehydrolizowanej przez α -amylazę trzustkową oraz oligosacharydów.



Rys. 1. Zawartość frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) błonnika pokarmowego w nasionach fasoli białej.

Fig. 1. Contents of a soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions of dietary fibre in white bean seeds

Analizując zawartość błonnika pokarmowego w całych nasionach i w liścieniach badanych odmian fasoli białej stwierdzono obecność przeważającej nierozpuszczalnej frakcji błonnika (IDF) (rys. 1). Średnia zawartość IDF w całych nasionach fasoli stanowiła ok. 12%, a przewyższyły ją odmiany Eureka i Biała. Źródłem frakcji IDF w całych nasionach jest ukształtowanie struktury okrywy nasiennej (fot. 1B) oraz struktura ścian komórkowych (fot. 1A). W ścianach komórkowych tworzy je warstwa pier-

wotna i wtórna zbudowana ze spirali celulozy wspomaganej hemicelulozami i ligniną. Natomiast pomiędzy warstwą pierwotną i wtórną występuje tzw. blaszka środkowa zbudowana z protopektyn i pektyn oraz hemiceluloz, które to składniki tworzą frakcję rozpuszczalną (SDF) błonnika pokarmowego.

Tabela 3

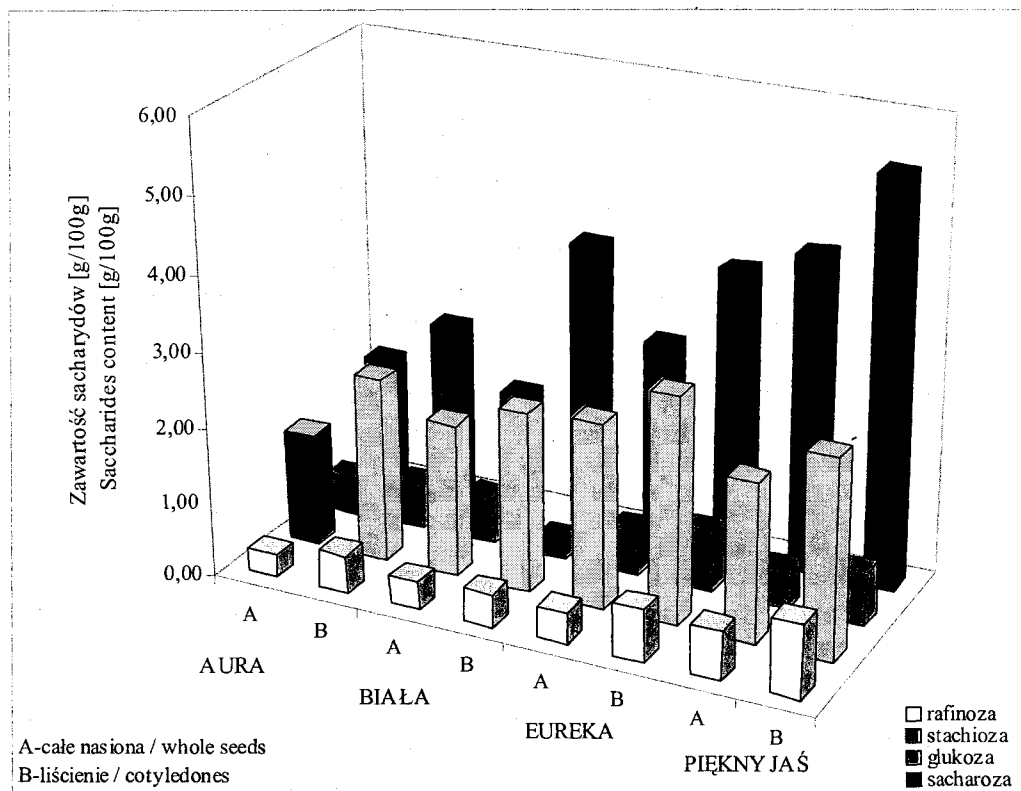
Zawartość skrobi odpornej w nasionach fasoli białej.
Content of the resistant starch (RS) in white bean seeds.

Nasiona fasoli białej – rodzaj próby Varieties of Bean seeds – sample types		Skrobia oporna [% s.m.] Resistant starch [% d.m.]
Aura (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	całe nasiona/ whole seeds	2,33 ± 0,97
	liścienie/ cotyledones	24,54 ± 0,98
Biała (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	całe nasiona/ whole seeds	20,68 ± 0,86
	liścienie/ cotyledones	28,15 ± 1,32
Eureka (<i>Phaseolus coccineus</i>)	całe nasiona/ whole seeds	15,69 ± 0,23
	liścienie/ cotyledones	16,25 ± 0,46
Pięknemu Jaś (<i>Phaseolus coccineus</i>)	całe nasiona/ whole seeds	18,45 ± 0,87
	liścienie/ cotyledones	21,75 ± 0,98

Zawartość frakcji rozpuszczalnej (SDF) w całych nasionach i liścieniach była porównywalna i wahała się od 2,7–1,8%, jedynie całe nasiona odmiany Eureka zawierały jej 2-krotnie więcej. Porównując uzyskane wyniki analizy błonnika pokarmowego z wcześniej prezentowanymi, podkreślić należy brak wpływu wielkości nasion na zawartość obu frakcji oraz ich wzajemną proporcję [34]. Klasyfikowanie błonnika pokarmowego ze względu na jego powinowactwo do wody ma znaczenie fizjologiczne. W przypadku SDF występuje oddziaływanie na glukozę i absorpcję tłuszczu z jelita cienkiego wskutek formowania lepkich żeli w treści jelita, zaś IDF wykazuje większy wpływ na funkcje jelita grubego [19].

Skrobia oporna, niehydrolizowana przez endoenzymy amylolityczne, jako składnik żywności pełnić może funkcję zbliżoną do rozpuszczalnej frakcji błonnika pokarmowego [18, 38]. W tej pracy analizowano jej obecność w całych nasionach oraz w liścieniach (tab. 3). Stwierdzono, że odmiany wielkonasienne charakteryzowały się niższą niż średnionasienne zawartością skrobi odpornej na hydrolizę α -amylazą trzustkową, co może być związane z gęstością przekroju liścieni oraz wielkością granул skrobi (fot. 1). Porównując uzyskane wyniki z wcześniej prezentowanymi [34] należy podkreślić, że zawartość odpornej skrobi w nasionach fasoli nie jest składnikiem standardowym, a bardziej zależnym od warunków klimatycznych i pogodowych, które oddziałują na ukształtowanie struktury liścieni oraz kształt i wielkość granул skrobi.

Potwierdza to badanie odmian wielkonasiennych, pochodzących ze zbiorów w 1998 r. [34] i aktualnych z 2001 r. Nasiona z 2001 r. zawierały prawie 3-krotnie więcej skrobi odpornej. Zatem można sugerować, że podobnie jak gromadzenie skrobi w liścieniach, również podatność granul skrobi na α -amylolizę wiązać należy nie tylko z odmianą, lecz z oddziaływaniem temperatury i czasu nasłonecznienia podczas syntezy i depozytowania polimeru – skrobi.



Rys. 2. Zawartość rozpuszczalnych sacharydów w nasionach fasoli białej.

Fig. 2. Content of soluble saccharides in white bean seeds.

W syntezie skrobi katalizowanej przez ATP-glikozylodifosforylaze, głównym substratem są reszty glikozylowe i ATP. Enzymy biorące udział w tworzeniu łańcucha amylozy i amylopektyny występują w postaci wielu homologicznych izomerów [10, 20]. Różnice w strukturze poszczególnych izomerów wynikają z modyfikacji genów, które kontrolują ich syntezę podczas rozwoju, co jest zależne od gatunku [24]. W procesie tworzenia granul skrobi interakcje pomiędzy amylozą i amylopektyną wciąż nie są wyjaśnione. Sugeruje się, że amyloza jest zdolna do infiltracji krystalicznej struktury

ry amylopektyny [11], co poprzez wzrost poziomu amylozy powoduje zmiany stosunku warstwy amorficznej do krystalicznej w strukturze granuli [23]. Tak więc podatność hydrolityczna skrobi w stosunku do endogennej α -amylazy trzuskowej może wykazywać znaczącą labilność związaną ze szlakiem biochemicznym kształtowania struktury granul skrobi w nasionach fasoli.

Analiza wyodrębnionych z nasion fasoli rozpuszczalnych sacharydów wykazała obecność oligosacharydów rafinozy i stachiozy oraz monosacharydu glukozy i disacharydu sacharozy (rys. 2). Biorąc pod uwagę całkowitą zawartość sacharydów, liście nie okazały się zasobniejszym ich źródłem, szczególnie odmian wielkonasiennych Eureka i Piękny Jaś. Należy podkreślić, że nasiona fasoli charakteryzowały się niską zawartością rafinozy (ok. 0,3–1,0 g/100 g), a ok. 10-krotnie wyższą zawartością tetrasacharydu – stachiozy. Odnotowano także, że glukoza występowała w dużej dysproporcji do sacharozy. Na podstawie porównania wyników własnych z uzyskanymi przez Amarowicza [2], a dotyczącymi zawartości oligosacharydów w nasionach roślin strączkowych, można stwierdzić, że badane nasiona fasoli cechowała wyższa zawartość rafinozy, a stachioza występowała na poziomie zbliżonym do wyników uzyskanych przez Kossona, ok. 2,5 g/100 g [26]. W analizowanych w niniejszej pracy odmianach jej zawartość kształtowała się w zakresie od 1,51 do 3,01 g/100 g.

Zatem na podstawie uzyskanych wyników można rekomendować nasiona fasoli jako produkt dostarczający substratów prebiotycznych (tj. oligosacharydów, skrobi odpornej, błonnika pokarmowego) do modulowania kwasolubnej mikroflory jelitowej, korzystnej dla zdrowia człowieka.

Wnioski

1. Nasiona badanych odmian fasoli *Phaseolus vulgaris* i *Phaseolus coccineus* są bogatym źródłem makroskładników odżywczych, takich jak: skrobia, białko, składniki mineralne oraz mono- i disacharydy.
2. Ze względu na występowanie w nasionach fasoli składników nieodżywczych o funkcjach fizjologicznych (oligosacharydy, skrobia oporna, błonnik pokarmowy) można je rekomendować jako element diety, w skład którego wchodzi substancje o charakterze prebiotyków.

Autorzy dziękują Panu dr Zbigniewowi Witkowi z „PlantiCo” Sp. z o.o. – Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze z Szymanowa, za udostępnienie materiału (nasiona odm. Eureka) do niniejszych badań oraz doc. dr hab. Ryszardowi Amarowiczowi za pomoc i konsultacje analityczne.

Literatura

- [1] Amarowicz R.: Znaczenie żywieniowe oligosacharydów. Roczn. PZH., 1999, 1 (50), 89-95.
- [2] Amarowicz R.: Wpływ procesów technologicznych na zawartość oligosacharydów w nasionach roślin strączkowych. Bromat. Chem. Toksykol., 1999, 32 (1), 9-13.
- [3] Ampe C., van Damme J., de Castro A., Sampaio M.J., van Montagu M., Venderkerckhove J.: The amino acid sequence of the 2S sulphur-rich proteins from seeds of Brasil nut (*Bertholletia excelsa*) HBK. Eur. J. Biochem., 1986, 159, 597-604.
- [4] AOAC. Official Methods of Analysis. 12th ed., Washington 1975.
- [5] AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed., Arlington, Virginia 1990.
- [6] Asp N-G., Johansson C., Hallmer H., Siljeström M.: Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. J. Agric. Food Chem., 1983, 31, 476-482.
- [7] Asp N-G.: Resistant starch. Eur. J. Clin. Nutr., 1992, 46 (Suppl. 2), S1.
- [8] Asp N-G.: Resistant starch - an update on its physiological effects. Adv. Exp. Med. Biol., 1997, 427, 201-210.
- [9] Baghurst P.A., Baghrust K.I., Record S.J.: Dietary fiber, non-starch polysaccharides and resistant starch - a review. Food Aust., 1996, 3 (48), S3-S35.
- [10] Ball S.G., van de Wal M.H.: Progress in understanding the biosynthesis of amylose. Trends Plant Sci., 1998, 3, 462-467.
- [11] Bell S. i wsp.: From glycogen to amylopectin: a model for biogenesis of plant starch granules. Cell, 1996, 86, 349-352.
- [12] Benno Y., Mitsuoka T.: Development of intestinal microflora in humans and animals. Bifidibacteria Microflora, 1986, 5, 13.
- [13] Champ M., Martin L., Noah L., Gratas M.: Analytical methods for resistant starch. In: Complex Carbohydrates in Food, pod red. S. Sungsoo Cho, L. Prosky, M. Dreher. Marcel Dekker, Inc. New York 1999.
- [14] Cummings J.H., Englyst H.N.: Measurement of starch fermentation in the human large intestine. Can. J. Physiol. Pharmacol., 1991, 69, 121-129.
- [15] Duranti M. i Gius C.: Legume seeds: protein content and nutritional value. Fidel Drops Research 1997, 53, 31-45.
- [16] Fan T., Sosulski F.: Dispersibility and isolation of proteins from legume flours. Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 1974, 7, 4.
- [17] Fleming S.A.: Flatulence activity of the smooth-seeds fidel pea as indicated by hydrogen production in the rat. J. Food Sci., 1982, 47, 12.
- [18] Gordon D.T., Topp K., Shi Y-C., Zallie J., Jeffcoat R.: Resistant Starch: Physical and Physiological Properties. W: New Technologies for Healthy Food and Nutraceuticals, pod red. M. Yalpani, ATL Press, Inc. Science Publishers, Shrewberry, MA 1997, 157-178.
- [19] Gray J.: Carbohydrates: nutritional and health aspects. ILSI Europe, Brussels 2003.
- [20] Harn C., Knight M., Ramakrishnan A., Guan H., Geeling P.L., Wasserman B.P.: Isolation and characterisation of the zSS Iia and zSS Iib starch synthase cDNA clones from maize endosperm. Plant Mol. Biol., 1998, 37, 639-649.
- [21] Hata Y., Nakajima K., Hosno Y., Yamamoto M.: Effect of soybean oligosaccharides on human digestive organs. J. Japan. Soc. Clin. Nutr., 1989, 11, 42.
- [22] Hughes J.B., Hoover D.G.: Bifidobacteria: Their potential for use in American dairy products. Food Technol., 1991, 45, 74.
- [23] Jenkins P.J. Donald A.M.: The influence of amylose on starch granule structure. Int. J. Biol. Macromol., 1995, 17, 315-321.

- [24] Kączkowski J.: Starch and other saccharides—modification and applications—a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12/53**, 1, 3-12.
- [25] Klaessen B., Strof G., Troll J., Schmiedl D., Nocka J., Blaut M.: Feeding resistant starch affects faecal and caecal mikroflora and short-chain fatty acids in rats. *J. Animal Sci.*, 1997, **75**, 2453-2462.
- [26] Kosson R.: Flatulence-causing galactooligosaccharides of *Phaseolus coccinesu* L. and *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Sociata Bot. Polon.*, 1988, **57**, 493-497.
- [27] Kunachowicz H.: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych. Wyd. IŻŻ, Warszawa 1998.
- [28] Laemmli U.K.: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T:4. *Nature*, 1970, **227**, 680-685.
- [29] Marlett J.A., McBurney M.I., Slavin J.L.: American Dietetic Association Reports. *J. Americ. Diet. Associat.*, 2002, **102/7**, 993-1000.
- [30] Piecyk M.: Filtracja żelowa białek amorficznych i krystalicznych z nasion fasoli przy użyciu HPLC. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **3**, (24)Supl.
- [31] Pilch S.: Physiological effects and health consequences of dietary fibre. Bethesda, MD: Life Sciences Resaerch Office, Federation of American Societies for Experimental Biology, 1987.
- [32] Rockland L.B., Radke T.M.: Legume protein quality. *Food Technol.*, 1981, **28**, 79-82.
- [33] Sgarbieri V. C.: Composition and Nutritive value of bea (*Phaseolus vulgaris*), *World Rev. Nutr. Diet.* Basel Karger., 1989, **60**, 132-198.
- [34] Soral-Śmietana M., Krupa U., Markiewicz K.: White bean varieties – a source of elements, dietary fibre and resistant starch. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2002, **11/52**, SI 1, 17-24.
- [35] Soral-Śmietana M., Krupa U., Ocicka K.: Annealing-how it affects resistant starch and dietary fibre in large- and small-seed bean varieties? Materiały Ith Conference of the Interfood Network. Olsztyn 2002, 65-74.
- [36] Soral-Śmietana M., Wronkowska M., Amarowicz R.: Health-promoting function of wheat or potato resistant starch preparations obtained by physico-biochemical process. In: *Starch advances in structure and function* pod red. T.L. Barsby, A.M. Donald, P.J. Frazier, Royal Society of Chemistry, Cambridge 2001, UK, pp. 116-128.
- [37] Soral-Śmietana M., Wronkowska M.: Czy skrobia odporna na hydrolizę enzymatyczną może zastąpić błonnik pokarmowy? *Przem. Spoż.*, 1999, **53** (7), 22-24.
- [38] Soral-Śmietana M.: Resistant starch-nutritional or non-nutritional component of food. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2000, **9/50**, 3S, 15-21.
- [39] Ziemiański Ś.: Normy żywienia człowieka. Wyd. Lek., PZWL. Warszawa 2001.

BEAN SEEDS - A SOURCE OF NUTRITIOUS AND NON-NUTRITIOUS MACRO-COMPONENTS

S u m m a r y

In four white bean varieties (*Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus coccineus*), there was analyzed a content of nutritious macro-components (starch, protein, mineral compounds, and mono- and disaccharides) and non-nutritious ones that fulfill physiological functions in the human gastrointestinal tracts (i.e. the content of dietary fiber, resistant starch, oligosaccharides). As for the cotyledons of *Phaseolus coccineus* var. (Eureka, Piękny Jaś), it was stated that the content of total starch was higher (about 48 % d.m.) than in *Phaseolus vulgaris* var. (Aura, Biała). However, the protein content (17 % d.m.) was the highest in *Phaseolus vulgaris* var. The molecular mass of the amorphous protein was determined for the range from $20 \cdot 10^3$ to $97 \cdot 10^3$ Da. The mineral compounds (about 13 % d.m.) were regularly arranged within the structure of

whole seed beans, and the size of seeds was of no influence on this arrangement. The *Phaseolus vulgaris* var. cotyledons showed a high content of starch, and it is impossible for the pancreatic α -amylase to hydrolyze it. In the dietary fiber fraction the insoluble fraction was dominating (12 %). The analysis of soluble saccharides, separated from bean seeds, showed the presence of two oligosaccharides: raffinose and stachiose, as well as of glucose and saccharose. Thus, it has been proved that the bean seeds are a highly valuable food product and should be taken into consideration because of their health stimulating properties.

Key words: starch, proteins, resistant starch, dietary fiber, oligosaccharides. ☒