

Elżbieta Dłużewska, Iwona Żyłka, Magdalena Maszewska, Krzysztof Krygier
SGGW w Warszawie, Katedra Technologii Zbóż, Nasion Oleistych i Koncentratów Spożywczych

Porównanie przydatności śruty z tradycyjnej i żółtej odmiany rzepaku do otrzymywania preparatów białkowych

Comparison of the suitability of meals obtained from traditional and yellow rapeseed for production of protein preparations

Słowa kluczowe: rzepak ozimy żółtonasienny, preparaty białkowe, własności tworzenia piany i emulsji

Key words: yellow rapeseed, protein preparations, foaming and emulsifying properties

W pracy podjęto próbę wykorzystania śruty z żółtego rzepaku jako surowca do produkcji preparatów białkowych. Preparaty białkowe bogate we frakcję „albumin” otrzymano metodą frakcjonowania: klasyczną oraz modyfikacją enzymatyczną. Modyfikację enzymatyczną prowadzono na etapie ekstrakcji białek przy użyciu Neutrazy 0.6L i Alkalazy 2.5L, w ilościach zapewniających stopień hydrolizy ok. 4% DH. W otrzymanych preparatach oznaczono zawartość sinapiny oraz fitynianów, a także zbadano ich właściwości emulgujące i pianotwórcze. Śruta rzepakowa odmiany żółtej charakteryzuje się podobnym składem chemicznym co śruta z odmiany brązowej, przy nieco mniejszej zawartości błonnika oraz większej zawartości białka, co może wskazywać na jej lepszą przydatność do otrzymywania preparatów białkowych. Zastosowanie modyfikacji enzymatycznej przy otrzymywaniu preparatów białkowych z rzepaku odmiany żółtej, podobnie jak w przypadku odmiany tradycyjnej, wpłynęło na poprawę właściwości pianotwórczych i emulgujących preparatów oraz umożliwiło większe usunięcie z preparatów substancji przeciwżywniowych. Zastosowanie nowej odmiany rzepaku, tzw. rzepaku żółtego do otrzymywania preparatów białkowych nie spowodowało wzrostu zawartości białka w preparatach w porównaniu z odmianą

This paper presents a trial of use of the yellow and brown rapeseed meals to obtain rapeseed protein preparations. These preparations rich in albumine fraction were obtained by a typical and with enzymatic modification methods of fractioning. The enzymatic modification was used during protein extraction by means of Neutrase 0.6L and Alkalase 2.5L, in the amount, which guaranteed the hydrolysis degree of approximately 4% DH. There were determined the sinapic and phytate content as well as the foaming and emulsifying properties of the rapeseed preparations. For a slightly lower content of fiber and higher content of protein, the yellow rapeseed meal is characterised by similar chemical composition as the brown rapeseed meal. It can suggest its better suitability for production of protein preparations. Similarly as in the case of the traditional variety the application of enzymatic modification to obtaining yellow rapeseed preparations influenced the improvement of surface properties and more removing undesirable substances. The use of yellow rapeseed meal for obtaining protein preparations has not influenced the increase of protein content within preparations in comparison to brown rapeseed meal. However, it was influenced positively on foaming and emulsifying properties. The performed investigation has

tradycyjną, jednak korzystnie wpłynęło na poprawę właściwości pianotwórczych i emulgujących otrzymywanych preparatów. Przeprowadzone badania wykazały, że przydatność śruty z żółtego rzepaku do otrzymywania preparatów białkowych jest zadawalająca i jest ona pod tym względem podobna lub nieco lepsza od śruty z brązowego rzepaku.

shown that the suitability of yellow rapeseed meal for obtaining protein preparations is acceptable. The suitability is similar to or even better than this of brown rapeseed meal.

Wstęp

Rzepak może być dodatkowym źródłem białka do celów spożywczych. Za wykorzystaniem tego surowca do otrzymywania preparatów białkowych przemawia wyjątkowo korzystnie zbilansowany skład aminokwasowy białek rzepaku oraz wysoka jego podaż. Badania nad białkami rzepaku zyskały ostatnio na znaczeniu ze względu na powszechne wprowadzenie do produkcji przemysłowej uszlachetnionych odmian rzepaku oraz rosnącą produkcję tego surowca w skali światowej (Krygier 1997).

Prowadzone na szeroką skalę badania hodowlane, mające na celu otrzymanie ulepszonych odmian rzepaku, pozwoliły na wprowadzenie do produkcji przemysłowej rzepaku podwójnie ulepszanego, charakteryzującego się obniżoną zawartością kwasu erukowego oraz glukozynolanów. Inną nową odmianą rzepaku jest tzw. odmiana żółta (trzyzerowa) o niższej, w stosunku do masy nasion, zawartości łuski i obniżonej zawartości polifenoli w porównaniu do odmiany brązowej (Słomiński i in. 1994). Równoległe prowadzone prace nad optymalizacją procesów technologicznych otrzymywania preparatów białkowych z rzepaku pozwalają przypuszczać, że wykorzystując specyficzne właściwości białek rzepaku, a szczególnie duży udział w nich niskocząsteczkowych frakcji białkowych, charakteryzujących się bardzo dobrymi właściwościami emulgującymi i pianotwórczymi, możliwe jest otrzymanie preparatów białkowych z rzepaku o wyjątkowo pożądanym właściwościach funkcjonalnych (Gwiazda 1989).

Jedną z propozycji, która pozwoliłaby na wykorzystanie rzepaku jako źródła białka w przemyśle spożywczym jest frakcjonowanie białek rzepaku oraz wykorzystanie modyfikacji enzymatycznej do poprawy właściwości funkcjonalnych i żywieniowych preparatów białkowych (Dłużewska, Gwiazda 1996).

Lepsze właściwości żywieniowe rzepaku żółtego, w porównaniu do odmiany brązowej, skłaniają do kontynuacji tych badań poprzez wykorzystanie zaproponowanych metod w stosunku do śruty rzepaku żółtego.

Celem pracy była próba oceny przydatności śruty z żółtego rzepaku jako surowca do otrzymywania preparatów białkowych na drodze frakcjonowania białek rzepaku, z jednoczesnym wykorzystaniem modyfikacji enzymatycznej i technik membranowych. Zakres pracy obejmował określenie wpływu odmiany

rzepaku na zawartość białka, substancji przeciwżywniowych w preparatach białkowych oraz właściwości funkcjonalne — pianotwórcze i emulgujące — otrzymywanych preparatów.

Materialy i metody badawcze

Do badań użyto poekstrakcyjną, nietostowaną śrutę z nasion kanadyjskiej odmiany żółtego rzepaku, pochodzącą z Zakładów Przemysłu Tłuszczowego w Warszawie. Hydrolizę enzymatyczną białek śruty rzepakowej prowadzono z użyciem enzymów firmy Novo Industri A/S (Dania): Alkalazy 2.5L i Neutrazy 0.6L. W celach porównawczych przy ocenie właściwości funkcjonalnych wykorzystano: preparaty białkowe z brązowego rzepaku otrzymane w Katedrze Technologii Zbóż, Nasion Oleistych i Koncentratów Spożywczych SGGW oraz handlowe preparaty białkowe: suszone białko jaja kurzego, produkcji Zakładów Jajczarskich w Nowej Soli i izolowane białko sojowe FP-940, produkcji Protein Technologies International.

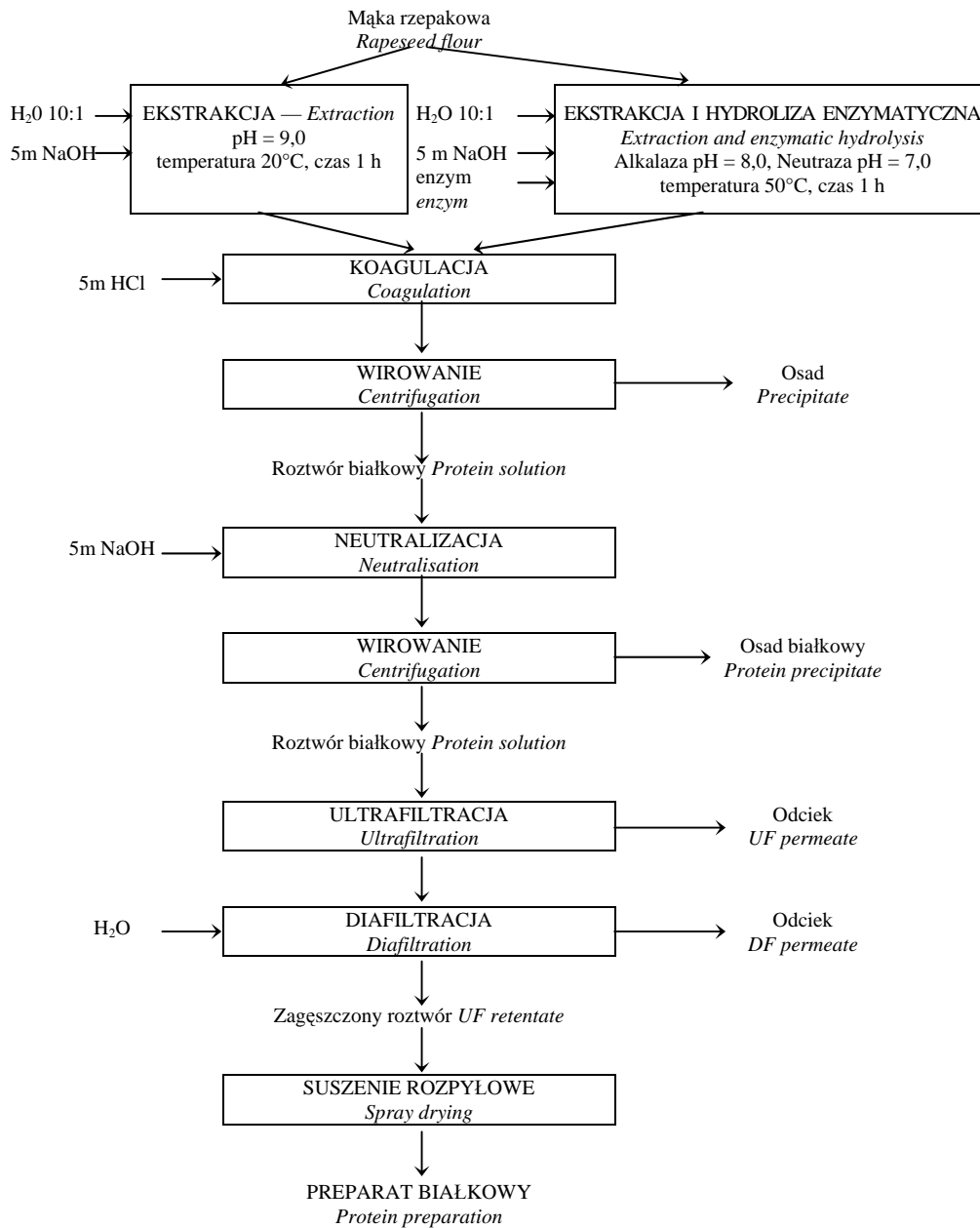
Proces izolacji białek (rys. 1) z rozdrobnionej do postaci mąki śruty rzepakowej prowadzono metodą klasyczną, która polegała na ekstrakcji białek rzepaku w środowisku alkalicznym oraz enzymatyczną, polegającą na ekstrakcji białek w połączeniu z ich ograniczoną hydrolizą enzymatyczną, stosując optymalne dla użytego enzymu warunki pH i temperatury. Enzymy użyto w dawkach zaproponowanych przez Dłużewską i Gwiazdę (1996), odpowiadających stopniowi hydrolizy ok. 4% DH.

Analiza śruty rzepakowej obejmowała oznaczenie zawartości wody (Rutkowski, Krygier 1979), zawartości tłuszczu (PN-73/A-82111), zawartości błonnika pokarmowego (BN-86/8130-02) i białka ogółem (Kjeltec).

W śrucie rzepakowej oraz otrzymanych preparatach oznaczono zawartość substancji przeciwżywniowych: sinapiny metodą wg Thies'a (1991) oraz fitynianów metodą wg Latta i Eskina (1980). Otrzymane preparaty poddano badaniu właściwości funkcjonalnych, oceniając właściwości emulgujące i pianotwórcze.

Oznaczenie zdolności emulgowania wykonano w oparciu o metodę przedstawioną przez Rutkowskiego i Kozłowską (1981). Oznaczenie indeksu aktywności emulgowania wykonywano w oparciu o metodę Pearce'a i Kinselli (1978). Właściwości pianotwórcze oznaczono metodami objętościowymi według Rutkowskiego i Kozłowskiej (1981). Siłę pianotwórczą roztworów preparatów białkowych wyznaczono jako:

- wydajność pienienia WP (%) = $(V_c / V_p) \times 100$, gdzie V_c – całkowita objętość bezpośrednio po spienieniu, cm^3 , V_p – objętość spienianego płynu, 50 cm^3 ;
- zdolność pienienia ZP (%) = $((V_c - V_{pp}) / V_p) \times 100$, gdzie V_{pp} – objętość płynu bezpośrednio po spienieniu, cm^3 , pozostałe oznaczenia jw.



Rys. 1. Schemat technologiczny otrzymywania preparatów białkowych z rzepaku
Process flow diagram

Stabilność piany wyznaczono jako wskaźnik stabilności piany:

$$SP = ((V_{c_{30}} - V_w) / V_p) \times 100 [\%],$$

gdzie $V_{c_{30}}$ — całkowita objętość po 30 min. [cm^3]

V_w — objętość płynu, który wyciekł po upływie 30 min, [cm^3]

V_p — jw.

Wyniki i dyskusja

Analiza podstawowego składu chemicznego śruty z rzepaku żółtego (tab. 1) wykazała wyższą zawartość białka w porównaniu ze śrutą z brązowego rzepaku (43,2 i 40,8%), co związane jest z niższą zawartością łuski w odmianie żółtej, znajdującej swoje odbicie w zawartości „błonnik ogólny”. Nieco niższa zawartość substancji przeciwżywniowych: sinapiny i fitynianów, w porównaniu z odmianą brązową, a także jak podaje literatura (Słomiński i in. 1994) polifenoli, wskazywać może, obok wyższej zawartości białka, na większą przydatność śruty z żółtego rzepaku do otrzymywania preparatów białkowych.

Tabela 1

Porównanie podstawowego składu chemicznego śruty z żółtego i brązowego rzepaku [%]
Chemical composition of yellow and brown rapeseed meals

Składniki <i>Components</i>	Żółty rzepak <i>Yellow rapeseed</i>	Brązowy rzepak <i>Brown rapeseed</i> (Słomiński i in. 1995)
Woda — <i>Water</i>	7,5	8,0
Tłuszcz — <i>Fat</i>	5,4	3,8
Białko (N x 6,25) — <i>Protein</i>	43,2	40,8
Błonnik ogólny — <i>Total fiber</i>	27,2	31,2
Błonnik pokarmowy — <i>Dietary fiber</i>	8,5	10,2
Sinapina — <i>Sinapic acid esters</i>	1,2	1,7
Fityniany — <i>Phytic acid esters</i>	2,2	2,5

Badając przydatność śruty z żółtego rzepaku do celów spożywczych otrzymano z niej preparaty białkowe: kontrolne — niemodyfikowane oraz modyfikowane enzymatycznie.

Przyjęta w pracy procedura otrzymywania preparatów białkowych, obejmująca między innymi frakcjonowanie białek rzepaku, pozwoliła na otrzymanie preparatów bogatych we frakcję tzw. „albumin”. Preparaty białkowe z rzepaku brązowego bogate we frakcję „albumin”, poddane ograniczonej hydrolizie enzy-

matycznej charakteryzowały się wyjątkowo dobrymi właściwościami pianotwórczymi i emulgującymi (Dłużewska, Gwiazda 1996).

Preparaty białkowe z rzepaku żółtego zawierały od 66% białka w preparacie kontrolnym do 68% w preparacie modyfikowanym enzymatycznie (tab. 2). Są to ilości podobne do zawartości białka w preparatach z odmiany brązowej (57–69,3%), co sugeruje, że większa zawartość białka w śrucie z żółtego rzepaku nie miała istotnego wpływu na końcową zawartość białka w preparatach. Zarówno w przypadku śruty z żółtego jak i brązowego rzepaku zastosowanie modyfikacji enzymatycznej powodowało wyraźny wzrost zawartości białka w preparatach, jednak znacznie większy w przypadku brązowego rzepaku. Porównując zawartość białka w otrzymanych preparatach z danymi literaturowymi (Diosady i in. 1984, Tzeng i in. 1988), które donoszą o możliwości uzyskania preparatów białkowych z rzepaku zawierających nawet 90% białka, należy podkreślić, że niższa zawartość białka w uzyskanych przez nas preparatach była spowodowana zastosowaniem śruty z przemysłowego przerobu nasion rzepaku.

Tabela 2

Podstawowy skład chemiczny preparatów białkowych [%]

Chemical composition of rapeseed protein preparations

Składniki <i>Components</i>	Preparaty z żółtego rzepaku <i>Yellow rapeseed preparations</i>		Preparaty z brązowego rzepaku <i>Brown rapeseed preparations</i>	
	Kontrolny <i>Control</i>	Modyfikowany Neutrażą 0.6L <i>Modified with Neutrase</i>	Kontrolny <i>Control</i>	Modyfikowany Neutrażą 0.6L <i>Modified with Neutrase</i>
Wilgotność — <i>Moisture</i>	3,0	2,95	3,45	3,52
Tuszcz związany <i>Bound fat</i>	0,18	0,15	0,17	0,13
Białko N x 6,25 — <i>Protein</i>	66,0	68,0	57	69,3
Błonnik rozpuszczalny <i>Soluble fiber</i>	5,5	6,10	—	—
Sinapina <i>Sinapic acid esters</i>	0,12	0,10	—	—
Fityniany <i>Phytic acid esters</i>	0,22	0,15	—	—

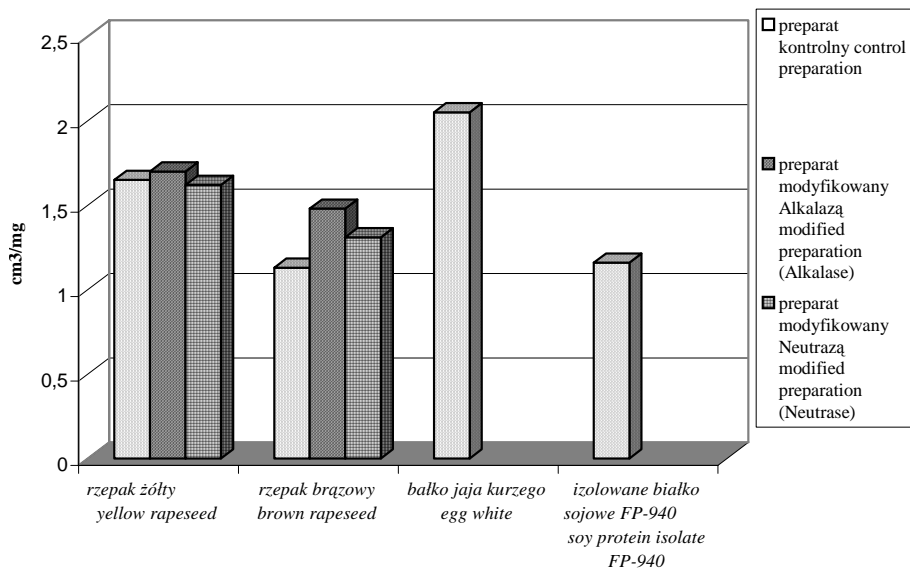
Podobnie jak w tradycyjnych odmianach, również w żółtym rzepaku występują substancje przeciwżywniowe. W pracy oznaczono zawartość sinapiny i fitynianów w wyjściowym surowcu — śrucie oraz w otrzymywanych preparatach. W produkcie końcowym zawartość sinapiny wynosiła 0,12% dla preparatu kontrolnego oraz 0,10% w preparacie modyfikowanym Neutrażą (tab. 2), co stanowiło odpowiednio 10 i 8% początkowej zawartości sinapiny w śrucie rzepakowej. Badania preparatów białkowych z żółtego rzepaku wykazały,

że mniejsza o około 20% ilość tego związku znajdowała się w preparacie modyfikowanym enzymatycznie. Jak wynika z danych literaturowych sinapina jest związana z białkami rzepakowymi w trudno rozpuszczalne kompleksy, zwłaszcza z białkami niskocząsteczkowymi (Gillberg, Törnell 1976), co uniemożliwia całkowite pozbycie się tego związku w wyniku stosowanych w pracy procesów otrzymywania preparatów. Większe usunięcie sinapiny może zatem nastąpić w procesie ograniczonej hydrolizy enzymatycznej, gdyż przypuszczalnie enzym wpływa na częściowe rozbicie kompleksów białko-sinapina, umożliwiając częściowe wyizolowanie tego związku w procesie ultrafiltracji/diafiltracji.

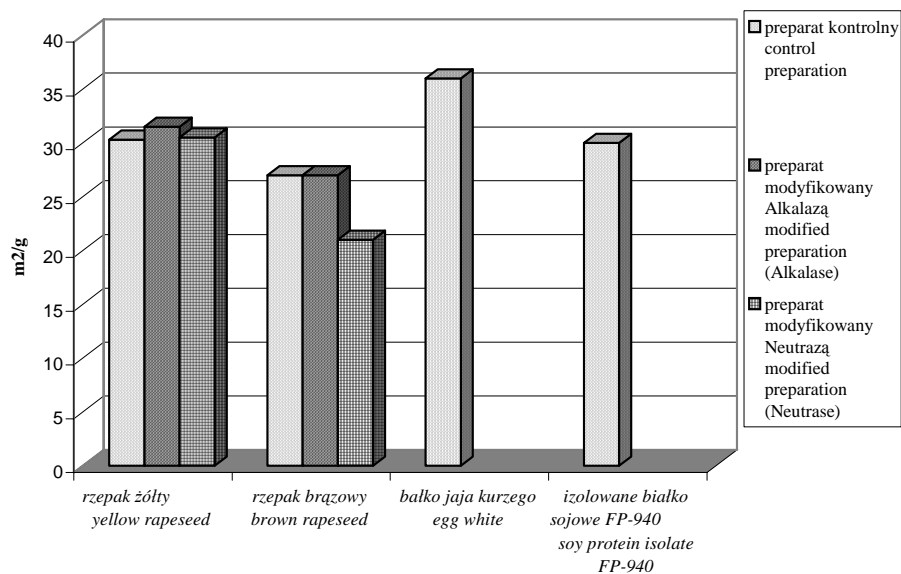
Otrzymane preparaty białkowe z żółtego rzepaku zawierały fityniany w ilości 0,22% — preparat niemodyfikowany enzymatycznie oraz 0,15% — preparat poddany modyfikacji enzymatycznej Neutrażą. Usunięto zatem 90% fitynianów w kontrolnym preparacie białkowym, a w modyfikowanym Neutrażą nawet 93% (tab. 2). Prace Tzenga i in. (1988) przeprowadzone na brązowej odmianie rzepaku sugerują, że fityniany, podobnie jak sinapina, mogą występować w kompleksach z białkami. Niższa zawartość fitynianów w preparatach modyfikowanych enzymatycznie nie jest związana jedynie z rozpadem tych kompleksów, wiązać to można również z wpływem pH ekstrakcji białek. Optymalna wartość pH dla Neutraży wynosi 7,0 — jest to pH, przy którym fityniany wykazują minimalną rozpuszczalność, dzięki czemu łatwo je wówczas usunąć z ekstraktu. Uzyskane w pracy wyniki potwierdzają rezultaty wcześniejszych prac prowadzonych przez Gwiazdę i Narożnik (dane niepublikowane) nad usuwaniem substancji przeciwżywniowych z preparatów białkowych z rzepaku brązowego.

Ocena właściwości funkcjonalnych preparatów białkowych z rzepaku żółtego obejmowała oznaczenie właściwości emulgujących i pianotwórczych. Badając wpływ odmiany rzepaku na zdolność emulgowania tłuszczu (ZE) przez preparaty, stwierdzono, że najlepsze właściwości emulgujące posiadały preparaty modyfikowane Alkalazą (rys. 2), tak w przypadku zastosowania śruty z żółtego rzepaku ($1,7 \text{ cm}^3/\text{mg}$) jak i śruty z brązowego rzepaku ($1,48 \text{ cm}^3/\text{mg}$), co potwierdza, wykazany w badaniach nad brązowym rzepakiem, korzystny wpływ obróbki enzymatycznej na zdolność emulgowania tłuszczu przez preparaty białkowe z rzepaku.

Indeks aktywności emulgowania (IAE) dla preparatów z żółtego rzepaku, niezależnie od metody otrzymywania, wykazywał podobne wartości, tj. od 30,2 do $31,0 \text{ m}^2/\text{g}$ (rys. 3), lecz były to wartości istotnie wyższe niż dla preparatów białkowych z brązowego rzepaku. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że preparaty białkowe pod względem właściwości emulgujących tak ZE jak i IAE, przewyższają preparaty z brązowego rzepaku, równocześnie ustępując pod tym względem białku jaja kurzego (rys. 2 i 3). Różnice we właściwościach emulgujących istniejące między preparatami z żółtej i brązowej odmiany rzepaku mogą być spowodowane inną zawartością substancji towarzyszących, np. niższą zawartością polisacharydów w żółtym rzepaku lub też bardziej korzystnym rozkładem mas cząsteczkowych białek.

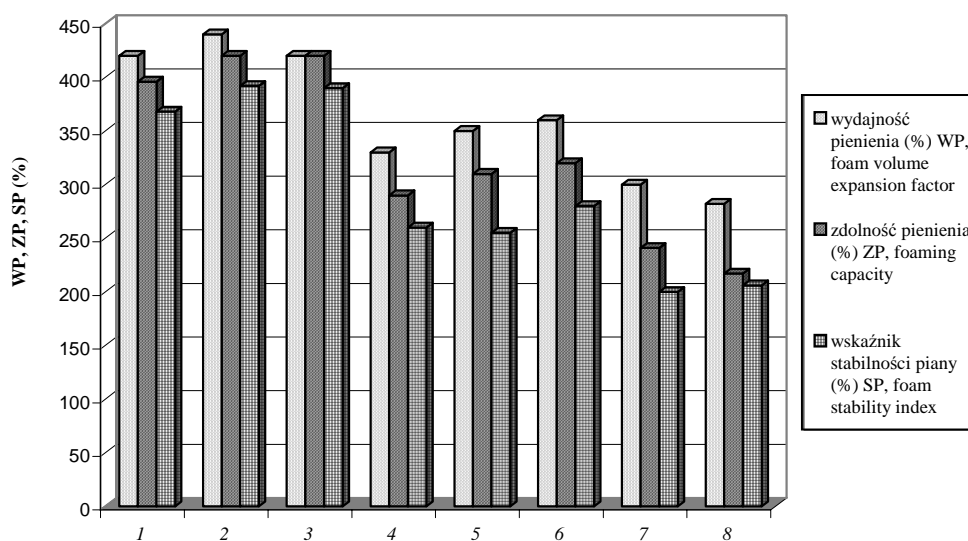


Rys. 2. Porównanie zdolności emulgowania preparatów z żółtego i brązowego rzepaku oraz preparatów handlowych — *Emulsifying capacity of yellow and brown rapeseed protein preparations and commercial protein preparations*



Rys. 3. Porównanie indeksu emulgowania preparatów białkowych z żółtego i brązowego rzepaku oraz preparatów handlowych — *Emulsifying Activity Index for yellow and brown rapeseed protein preparations and commercial protein preparations*

Ocena właściwości pianotwórczych preparatów białkowych, oznaczonych metodami objętościowymi, potwierdziła zależności zaobserwowane przy ocenie właściwości emulgujących. Najlepszymi właściwościami pianotwórczymi charakteryzował się preparat białkowy z rzepaku żółtego modyfikowany Alkalazą (rys. 4). Wydajność pienienia, wyrażająca przyrost objętości piany w czasie spieniania roztworu, dla tego preparatu wynosiła 440%, zdolność pienienia, uwzględniająca również ilość niespionego roztworu, 420%, a stabilność piany wynosiła 392%. Pod względem właściwości pianotwórczych preparaty z żółtego rzepaku przewyższały zarówno preparaty z brązowej odmiany rzepaku, jak i też handlowe preparaty białkowe (białko jaja kurzego i izolat sojowy). Wyjątkowo dobra okazała się stabilność pian uzyskanych z roztworów preparatów białkowych z jasnej odmiany rzepaku.



- 1 — preparat kontrolny z żółtego rzepaku — *control yellow rapeseed preparation*
- 2 — preparat z żółtego rzepaku modyfikowany Alkalazą — *modified yellow rapeseed preparation (Alkalase)*
- 3 — preparat z żółtego rzepaku modyfikowany Neutrazą — *modified yellow rapeseed preparation (Neutrase)*
- 4 — preparat kontrolny z brązowego rzepaku — *control brown rapeseed preparation*
- 5 — preparat z brązowego rzepaku modyfikowany Alkalazą — *modified brown rapeseed preparation (Alkalase)*
- 6 — preparat z brązowego rzepaku modyfikowany Neutrazą — *modified brown rapeseed preparation (Neutrase)*
- 7 — izolowane białko sojowe FP-940 — *soy protein isolate FP-940*
- 8 — białko jaja kurzego — *egg white*

Rys. 4. Porównanie właściwości pianotwórczych preparatów z żółtego i brązowego rzepaku oraz preparatów handlowych — *Foaming properties of yellow and brown rapeseed protein preparations and commercial preparations*

Wnioski

1. Śruta rzepakowa odmiany żółtej charakteryzuje się podobnym składem chemicznym jak śruta z odmiany brązowej, przy nieco mniejszej zawartości błonnika oraz większej zawartości białka, co może wskazywać na jej lepszą przydatność do otrzymywania preparatów białkowych.
2. Zastosowanie modyfikacji enzymatycznej przy otrzymywaniu preparatów białkowych z rzepaku odmiany żółtej, podobnie jak w przypadku odmiany tradycyjnej, wpłynęło na poprawę właściwości pianotwórczych i emulgujących preparatów oraz umożliwiło większe usunięcie z preparatów substancji przeciwżywniowych.
3. Zastosowanie nowej odmiany rzepaku, tzw. rzepaku żółtego, do otrzymywania preparatów białkowych nie spowodowało wzrostu zawartości białka w preparatach w porównaniu z odmianą tradycyjną, jednak korzystnie wpłynęło na poprawę właściwości pianotwórczych i emulgujących otrzymywanych preparatów.
4. Przeprowadzone badania wykazały, że przydatność śruty z żółtego rzepaku do otrzymywania preparatów białkowych jest zadawalająca i jest ona pod tym względem podobna lub nieco lepsza od śruty z brązowego rzepaku.

Literatura

- Branżowa Norma 1986. BN-86/8130-20. Oznaczenie zawartości błonnika.
- Diosady L.L., Tzeng Y.M., Rubin L.J. 1984. Preparation of rapeseed protein concentrates and isolates using ultrafiltration. *J. Food Sci.*, 49: 768-770, 776.
- Dłużewska E., Gwiazda S. 1996. Wpływ modyfikacji enzymatycznej na wybrane właściwości powierzchniowe preparatów białkowych z rzepaku. XXVII Sesja Naukowa Komitetu Technologii i Chemii Żywności PAN, Szczecin, materiały 39-40.
- Gillberg L., Törnell B. 1976. Preparation of rapeseed protein isolates. Dissolution and precipitation behaviour of rapeseed proteins. *J. Food Sci.*, 41: 1063-1069.
- Gwiazda S. 1989. Charakterystyka i właściwości białek rzepaku. *Przem. Spoż.*, 43: 125-128.
- Gwiazda S., Narożnik M. 1998. Wpływ warunków otrzymywania preparatów białkowych z rzepaku na zawartość w nich substancji niepożądanych (praca w druku).
- Krygier K. 1997. Światowa i krajowa pozycja rzepaku jako surowca oleistego. *Przem. Spoż.*, 51: 35.
- Latta, Eskin 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J. Agric. Food Chem.*, 28: 1313-1315.
- Pearce K.N., Kinsella J.E. 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.*, 26 (3): 716-720.
- Polska Norma 1973. PN-73/A-82111 Tłuszcze roślinne jadalne. Oznaczenie zawartości tłuszczu metodą Soxhleta.

- Rutkowski A., Kozłowska H. 1981. Preparaty żywnościowe z białka roślinnego. WNT, Warszawa, 26-38, 61-65, 286-310.
- Rutkowski A., Krygier K. 1979. Technologia i analiza tłuszczów jadalnych. Wyd. SGGW, Warszawa, 141-142.
- Słomiński B.A., Campbell L.D., Guenter W. 1994. Oligosaccharides in canola meal and their effect on nonstarch polysaccharide digestibility and true metabolizable energy in poultry. Department of Animal Science, University of Manitoba, Poultry Science, 73: 156-162.
- Słomiński B.A., Simbaya J., Campbell L.D., Guenter W. 1995. Nutritive profile of yellow-seeded canola/rapeseed. Proceedings 9th Int. Rapeseed Congr., Cambridge, UK, 148-150.
- Thies W. 1991. Determination of the phytic acid and sinapic acid esters in seeds of rapeseed and selection of genotypes with reduced concentrations of these compounds. Fat. Sci. Technol., 93: 49-52.
- Tzeng Y.M., Diosady L.L., Rubin L.J. 1988. Preparation of rapeseed protein by sodium hexametaphosphate extraction, ultrafiltration, diafiltration and ion exchange. J. Food Sci., 53: 1537-1541.