

# Funkcjonalne właściwości preparatu białek mięśniowych z kręgosłupów dorsza bałtyckiego\*)

ELŻBIETA SKIERKA, MARIA SADOWSKA, ELŻBIETA RZEŻUCHOWSKA

Katedra Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej,  
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk

Skierka E., Sadowska M., Rzeżuchowska E.

## Functional properties of a muscle protein preparation from Baltic cod spine

### Summary

The aim of the investigation was to establish the functional properties of muscle protein isolates from Baltic cod (*Gadus morhua*) spine which were also compared with a commercially available pork protein preparation. The muscle proteins were extracted in mild condition with 0.1M NaOH solution at 4°C and subsequently were precipitated at pH 4.5. The amino acid composition of protein isolates is similar to fresh muscle protein. At the basic pH values, the obtained preparation is almost three times more soluble than the commercially available pork protein. Cod proteins were in 25 and 90% solubilized at pH 8 and 12, respectively. At these pH values, after an increase of the ionic strength of the solution to 0.35, the protein solubility decreased about 10 and 15%, respectively. Spinal proteins at a pH range of 6-12 have a 16-time higher foaming capacity than that for pork proteins. The obtained proteins also have a two-times lower oil holding capacity and almost 5.5-times lower water holding capacity in comparison with the commercial preparation. The preparation of muscle proteins from Baltic cod had an ability to hold 0.26 g oil or 0.94 g water per g of protein. Its quite good functional properties encourage continuing research on the deodorization method. After deodorization this protein preparation could find an application in the food industry.

**Keywords:** Baltic cod, Protein, spine

Funkcjonalne właściwości białek występujących w żywności są bardzo ważne w przetwórstwie żywności i w formowaniu produktów żywnościowych. Niektóre z tych właściwości to: rozpuszczalność, wiązanie wody, oleju, właściwości emulgujące, pianotwórcze, lepkość i żelowanie. Na właściwości te wywierają wpływ czynniki, wynikające z budowy białka, takie jak: konformacja i masa cząsteczkowa białka, a także pH, siła jonowa i obecność innych składników żywności. Obecny stan wiedzy na temat funkcjonalnych właściwości białek występujących w różnych surowcach pozwala na otrzymywanie produktów o standardowej jakości. Główną rolę w kształtowaniu pożądanych cech sensorycznych przetworów odgrywiają funkcjonalne właściwości białek.

W latach 70. XX w. w Gdyni produkowano preparat białkowy z ryb tzw. przyłowu na skalę półtechniczną, lecz nie został on zaakceptowany przez konsumentów ze względu na rybi smak i zapach. Technologia pozyskiwania tego preparatu polegała na wyciskaniu tkanki mięśniowej z całych ryb, na podobnej zasadzie, jak dzisiaj odzyskuje się mięso z kruszu kostnego.

\*) Badania finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, umowa nr N312 058 32/2848.

W piśmiennictwie brak jest informacji odnośnie do właściwości funkcjonalnych precipitatu białek mięśniowych dorsza bałtyckiego izolowanych na drodze alkalicznej ekstrakcji w niskiej temperaturze (4°C). Większość publikowanych prac dotyczy właściwości funkcjonalnych hydrolizatów białkowych pochodzenia zwierzęcego (6, 7, 11, 17, 25) i roślinnego (8, 10, 12, 19, 29). Liczne publikacje opisują właściwości funkcjonalne ekstraktów roślinnych (9, 15, 28, 30). Trudno jednak stwierdzić, które izolaty lub hydrolizaty białkowe charakteryzują się lepszymi właściwościami funkcjonalnymi, gdyż autorzy stosowali różne metody pomiaru tych współczynników. Wprawdzie autorzy sugerują, iż uzyskane preparaty białkowe mogłyby być użyte jako składniki żywności, ale brakuje porównania właściwości funkcjonalnych badanego preparatu z dostępnymi i stosowanymi w przemyśle.

Celem badań było określenie funkcjonalnych i chemicznych właściwości białek mięśniowych z kręgosłupów dorsza bałtyckiego wydzielonych w łagodnych warunkach. Stanowią one jeden z produktów (oprócz kolagenu) kompleksowego zagospodarowania kręgosłupów, bardziej racjonalnego niż produkcja mączki rybnej. Otrzymane wyniki były podstawą do próby

wskazania kierunków zagospodarowania otrzymanego preparatu. Zadowalające właściwości preparatu mają być również uzasadnieniem podjęcia dalszych prac nad metodą usunięcia charakterystycznego, niepożądanego rybiego smaku i zapachu.

### Materiały i metody

Badania przeprowadzono na kręgosłupach dorsza bałtyckiego (*Gadus morhua*), z których na drodze wyczerpującej ekstrakcji 0,1 M roztworem NaOH wydzielono białka mięśniowe. Preparat białkowy otrzymywano przez strącenie białek w pH 4,5. Następnie osad białek odwirowano przy  $10\,000 \times g$  przez 20 min. w 20°C i suszono w temperaturze 25°C. Wysuszone białka rozcierano w móżdżerku do postaci proszku. W tak otrzymanej mączce białkowej oznaczono:

- suchą masę, metodą suszarkową susząc materiał do stałej masy w temperaturze 105°C,
- zawartość popiołu, metodą wagową, polegającą na spaleniu próbki w porcelanowych tyglach na palniku, a następnie jej mineralizacji do uzyskania stałej masy w piecu muflowym w temperaturze 600°C,
- zawartość kolagenu, metodą kolorymetryczną zalecaną przez ISO (2) po 6 h hydrolizie próby w roztworze 6 M kwasu solnego. Zastosowano przelicznik hydroksyproliny na kolagen równy 15,7,
- zawartość azotu ogółem, metodą Kjeldahla wg PN (20). Stosowano przelicznik azotu na białko równy 6,25,
- skład aminokwasowy został wykonany w Katedrze Żywności Zwierząt i Paszoznawstwa Wydziału Bioinżynierii Zwierząt UWM w Olsztynie.

Badano rozpuszczalność 2% roztworu preparatu białkowego w zależności od pH (2-12) i siły jonowej (0; 0,35; 0,7). Próby doprowadzono do odpowiedniego pH 1 M roztworem NaOH lub 1 M roztworem HCl. Dla zapewnienia pożądanej siły jonowej użyto NaCl. Po osiągnięciu właściwych parametrów próby mieszano przez 30 min. w temperaturze pokojowej mieszadłem magnetycznym. Następnie mieszaninę sączono, a w przesączach oznaczano zawartość białka metodą Lowry'ego (14). Rozpuszczalność określono jako % białka zawartego w supernatancie w stosunku do jego początkowej zawartości w mieszaninie.

Badano zdolność pienienia (FC) i stabilność piany (FS) 2% roztworu preparatu białkowego w pH od 2 do 12 i sile jonowej od 0 do 0,7. Próbki mieszano przez 30 min. w temperaturze pokojowej, po czym mierzono objętość roztworu. Następnie próbki homogenizowano (10 000 obr./min.) przez 3 min. i po 60 s mierzono objętość powstałej piany. W celu oznaczenia stabilności powstałej piany mierzono objętość piany po upływie 10, 20 i 30 min. od homogenizacji (3). Zdolność pienienia wyrażono jako % objętości piany w stosunku do początkowej objętości roztworu. Stabilność piany określono jako % objętości piany po 10, 20 i 30 min. od homogenizacji w stosunku do jej objętości po 60 s od homogenizacji.

Zdolność utrzymywania wody (WHC) lub oleju (OHC) oznaczano po 30 min. mieszania 5 g pre-

paratu białkowego z 40 cm<sup>3</sup> wody lub oleju. Następnie zawiesinę osączano i ważono na wadze analitycznej. Zdolność wiązania wody lub oleju wyrażono jako ilość g wody/oleju związanego przez 1 g białka.

Zdolność żelowania oznaczono przez przygotowanie roztworów białka o stężeniu od 4% do 8% o pH 10. Próbki następnie ogrzewano do temperatury 70°C, po czym przenoszono do lodu na 15 min. Po schłodzeniu próbki przechylano w celu sprawdzenia zestalenia się roztworów. Próbki uznano za żelowane, gdy zawartość próbki nie przemieszczała się po jej przechyleniu.

Przedstawione wyniki są średnią z trzech do sześciu oddzielnych doświadczeń  $\pm$  odchylenie standardowe.

### Wyniki i omówienie

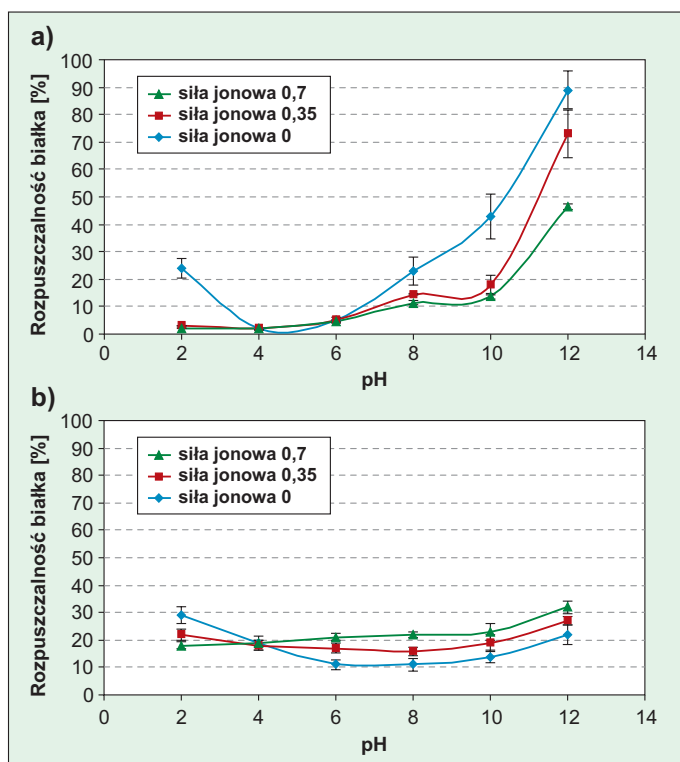
W celach porównawczych wykonano oznaczenia funkcjonalnych właściwości otrzymanego preparatu białek mięśniowych oraz preparatu białek wieprzowych stosowanego w przemyśle, o nazwie handlowej Gelexcel DI 95, wyprodukowanego przez Kerry Polska sp. z o.o.

Sucha masa obu badanych preparatów mięśniowych była podobna i kształtowała się na poziomie bliskim 95%. Należy zatem spodziewać się dużej trwałości preparatów pod względem mikrobiologicznym. Stężenie związków mineralnych było również zbliżone i wynosiło 2,7% dla preparatu z białek mięśniowych dorsza bałtyckiego i 2,0% dla preparatu białka wieprzowego. Badane preparaty zawierały ok. 82% białka ogółem. Jednak w przypadku preparatu białek wieprzowych na białko ogółem składa się głównie kolagen. Zawartość tego białka w suchej masie preparatu wynosiła 62,3%. Kolagen jest białkiem niepełnowartościowym i ubogim w aminokwasy siarkowe oraz nie zawiera tryptofanu, dlatego obniża on wartość żywieniową przetworów z jego udziałem. Białka wyizolowane z kręgosłupów dorsza bałtyckiego zawierały śladowe ilości kolagenu (0,29%) w porównaniu z preparatem białek wieprzowych. Pomimo alkalicznego traktowania skład aminokwasowy był podobny do natywnych białek mięśniowych (tab. 1). Niebezpieczne zmiany, takie jak: degradacja reszt argininy do ornityny, zniszczenie reszt niektórych wrażliwych aminokwasów, racemizacja oraz tworzenie nowych nietypowych dla białek reszt aminokwasowych i powstawanie wiązań sieciujących zachodzą, gdy ekstrakcja prowadzona jest w mniej łagodnych warunkach, w temperaturze powyżej 30°C i pH 13. Stosując pH poniżej 11 i temperaturę pokojową można otrzymać izolat białkowy wolny od lizynoalaniny i innych toksycznych

Tab. 1. Niezbędne aminokwasy w białkach mięśniowych z kręgosłupów dorsza

Surowiec	Aminokwasy niezbędne (% w białku)							
	Phe + Tyr	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Val
Preparat białka	7,8	4,5	7,7	7,1	3,5	3,9	1,0	5,1
Mięso dorsza*	7,0	5,5	8,1	8,5	4,0	4,5	0,9	5,6

Objaśnienie: \* wg Sikorskiego (27)



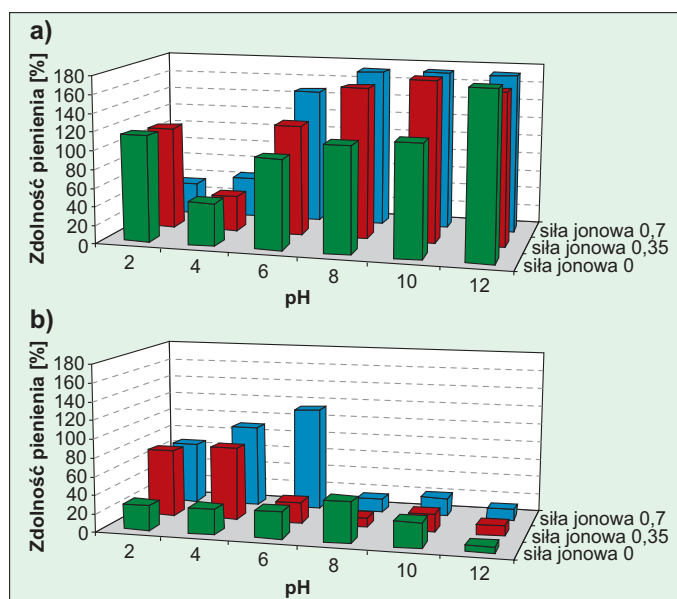
Ryc. 1. Rozpuszczalność białek mięśniowych w zależności od pH; a) białka dorsza bałtyckiego, b) preparat białek wieprzowych

aminokwasów, który posiada wartość odżywczą porównywalną z mięsem (18, 25).

Preparat białek dorsza był najmniej rozpuszczalny w pH 4,5, zaś preparat białek wieprzowych w pH 7,35, co wynika z obecności w nim dużej ilości kolagenu (ryc. 1). Białka otrzymane z kręgosłupów dorsza bałtyckiego w pH od 8 do 12 wykazywały od 3 do 4 razy większą rozpuszczalność od komercyjnego preparatu.

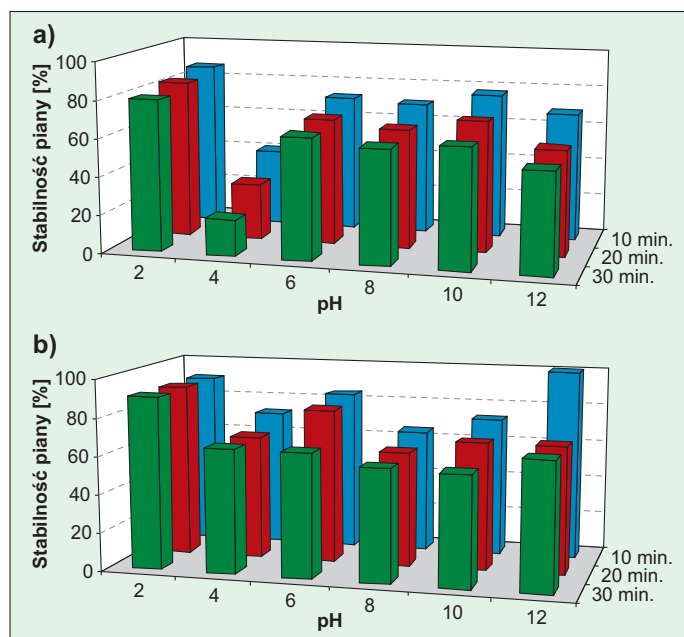
Wzrost siły jonowej roztworu w przypadku białek z dorsza powodował spadek ich rozpuszczalności. Natomiast w przypadku białek wieprzowych dodatek NaCl w środowisku obojętnym i zasadowym spowodował niewielki wzrost rozpuszczalności białek, tym wyższy, im większa była siła jonowa. Białka wieprzowe najlepiej rozpuszczały się przy pH 12 i sile jonowej 0,7. Mimo że wzrost siły jonowej obniżył rozpuszczalność białek z dorsza, to nadal jest ona większa niemal o połowę w porównaniu z preparatem wieprzowym (ryc. 1). Duża rozpuszczalność białek mięśniowych dorsza w alkalicznym zakresie pH, podobnie jak białek soi, polegała prawdopodobnie na rozwinięciu cząsteczek białek i dysocjacji. Odslonięcie zjonizowanych grup kwasowych łańcuchów białkowych zwiększa uwodnienie białka i przez to jego rozpuszczenie (22). Natomiast przebieg zależności rozpuszczalności preparatu białek wieprzowych od kwasowości środowiska (ryc. 1 b) był typowy dla kolagenu, a obecność soli w roztworze powyżej 0,1 M powodowała, że kolagen nie pęczniał i stąd tak mała rozpuszczalność.

Zdolność białek obu preparatów do pienienia zależała od pH. Białko wyizolowane z dorsza bałtyckiego



Ryc. 2. Zdolność pienienia roztworu białka wieprzowego w zależności od pH i siły jonowej; a) białka dorsza bałtyckiego, b) preparat białek wieprzowych

wykazywało najmniejszą zdolność piany przy pH 4 i wynosiła ona ok. 50%. Jest to związane z najmniejszą rozpuszczalnością białek w tym pH. Poniżej i powyżej tego pH zdolność pienienia znacznie wzrastała, osiągając maksymalną wartość w pH 12 (178%) (ryc. 2). Duża zdolność pienienia w silnie alkalicznym środowisku była spowodowana wzrostem ładunku elektrycznego na powierzchni białka, co osłabiło oddziaływania hydrofobowe, ale powodowało wzrost elastyczności białka. Dzięki temu białko mogło szybciej dyfundować do granicy faz powietrze-woda, by szczelnie otoczyć pęcherzyki powietrza i przyspieszyć tworzenie piany (1). Białka grochu gatunku *Vigna unguiculata* charakteryzują się podobną zależnością zdolności pienienia od pH (21). Białka z tej rośliny wykazały najniższą zdolność pienienia przy pH 5 (0%), a najwyższą przy pH 10 (90%) natomiast przy pH 2 wartość ta wyniosła 76%. Nieco inne wyniki otrzymano dla odtłuszczonej mąki z fasoli gatunku *Parkia biglobosa*, gdzie najmniejsza wartość zdolności pienienia wynosiła 43% przy pH 4, a najwyższa 75% przy pH 10 i była podobna przy pH 2 (12). Po przeliczeniu wyników zdolności pienienia badanych preparatów z zastosowaniem wzorów użytych przez Ragaba i wsp. (21) oraz Lawala i wsp. (12) otrzymano następujące wartości: przy pH 4 – 31% – najniższa wartość, przy pH 12 – 90% – najwyższa wartość, a 75% przy pH 2. Z porównania tych danych wynika, że preparat białka z dorsza bałtyckiego wykazuje podobną zdolność pienienia. Preparat białka wieprzowego miał znacznie mniejszą zdolność tworzenia piany w porównaniu z białkiem z dorsza bałtyckiego. Minimalna zdolność pienienia wynosiła 6,7% przy pH 12, a wartość maksymalną (44%) osiągał przy pH 8 (ryc. 2 b). Niewielka zdolność pienienia białek wieprzowych wiąże się prawdopodobnie z małą rozpuszczalnością tych białek.



Ryc. 3. Stabilność piany z białek mięśniowych w zależności od pH; a) białka dorsza bałtyckiego, b) preparat białek wieprzowych

lek. Właściwości pianotwórcze białek bardzo różnią się w zależności od pochodzenia białka, odzwierciedlają one skład, konformację, strukturę, oddziaływania z innymi składnikami i z bezpośrednim ich otoczeniem (16).

Obecność soli powodowała wzrost zdolności tworzenia piany w obojętnym i alkalicznym środowisku w przypadku białek dorsza oraz w kwaśnym i obojętnym w przypadku preparatu białek wieprzowych. Im wyższa siła jonowa (w badanym zakresie), tym większa zdolność pienienia. NaCl prawdopodobnie wpływał na konformację białka, powodując jego rozfałdowanie i dzięki temu mniejsza ilość białek mogła być zaangażowana w tworzenie błonki dokoła pęcherzyka powietrza. W obecności NaCl rozpuszczalność preparatu białek z dorsza była mniejsza niż w roztworze bez dodatku soli, ale w tworzeniu błonek mogły uczestniczyć białka zdyspergowane (26).

Duży wpływ na stabilność piany w obu preparatach białkowych miało pH środowiska. Piana otrzymana z białek mięśniowych dorsza bałtyckiego bez udziału NaCl była najmniej stabilna w pH 4, a najbardziej stabilna w pH 2 (ryc. 3). Zdolność do utrzymywania wody w białkowym filmie otaczającym cząsteczki powietrza oraz obecność elektrostatycznego odpychania są bardzo ważne dla stabilności piany. Niedostateczne elektrostatyczne odpychanie powoduje nadmierne oddziaływania białko-białko i tworzenie agregatów, co zmniejsza pienie (5). Największy spadek stabilności piany obserwowano po pierwszych 10 minutach od momentu utworzenia piany, niezależnie od pH.

Najniższym stężeniem białka z dorsza bałtyckiego, przy którym ono żelowało, był roztwór 8%. Natomiast dla białka wieprzowego był to roztwór 4%. Zatem białka mięśniowe dorsza miały dwukrotnie mniejszą zdol-

ność żelowania od preparatu białka wieprzowego. Wynika to z większej zawartości kolagenu w białku wieprzowym. Dla porównania, komercyjnie dostępny izolat białka sojowego wykazywał wartość LGC wynoszącą 12% (15). Żelowanie jest nie tylko funkcją stężenia białka, ale także związane jest z rodzajem białka, jego rozpuszczalnością (24). Udział takich składników żywności, jak lipidy i węglowodany ma również wpływ na właściwości żelujące preparatów białkowych (23, 24).

Po zawieszeniu preparatów białkowych w wodzie destylowanej pH mieszaniny wynosiło 4. Otrzymane wartości dotyczące zdolności wiązania wody i tłuszczu są wartościami możliwie najniższymi, gdyż zostały one określone w pH, w którym białka te mają najmniejszą rozpuszczalność, a zatem i najmniejszą wodochłonność. Preparat białek mięśniowych z dorsza był w stanie zatrzymać 0,26 g oleju/g białka i 0,94 g wody/g białka. Wykazywał zatem 1,7 razy mniejszą zdolność wiązania oleju od białka wieprzowego i 6 razy mniejszą zdolność wiązania wody. Wodochłonność komercyjnych koncentratów białkowych mieści się w granicach 1,9-2,2 g wody/g białka (13). Na zdolność białek do wiązania wody mają przede wszystkim wpływ: skład aminokwasowy, konformacja białka oraz hydrofobowość/hydrofilowość powierzchniowa (4). Duży wpływ na konformację białka i jego hydrofobowość wywierają metody przetwarzania żywności. Obróbka termiczna powoduje obniżenie zdolności do wiązania wody i oleju, podczas gdy procesy fermentacyjne podwyższają te właściwości (31).

### Podsumowanie

Preparat białkowy z dorsza bałtyckiego miał lepszą rozpuszczalność w pH kwaśnym niż w pH obojętnym, dzięki czemu mógłby znaleźć zastosowanie w produkcji soków owocowych o podwyższonej zawartości białka.

Wysoka wartość biologiczna badanego białka w połączeniu z dość dobrą zdolnością żelowania i dobrą rozpuszczalnością mogłaby pozwolić na zastosowanie tego białka jako składnika mieszanki peklującej, która dodatkowo wzbogacałaby dany wyrób mięsny w niezbędne dla człowieka aminokwasy. Ponadto w tym samym celu można by użyć badanego preparatu białkowego jako zamiennika białek mięśniowych zwierząt stałocieplnych w wędlinach drobno rozdrobnionych, takich jak parówki czy jako dodatek białkowy do różnego rodzaju pasztetów.

Z przeprowadzonych badań wynika, że preparat białek mięśniowych z dorsza bałtyckiego otrzymany metodą łagodnej ekstrakcji alkalicznej mógłby być zastosowany jako tanie źródło białka, będącego zamiennikiem białek mięśniowych zwierząt stałocieplnych, takich jak np. białka wieprzowe. Jednak poważnym czynnikiem ograniczającym jego zastosowanie jest charakterystyczny rybi zapach. Dlatego zaproponowane wyżej zastosowania dla izolatu białek mięśniowych



dorsza będą możliwe do spełnienia dopiero po opracowaniu metody jego odwaniania. Można będzie zapewne rozszerzyć jego zastosowanie poprzez modyfikację tego białka i ulepszenie jego niektórych właściwości funkcjonalnych. Właściwości funkcjonalne białka z dorsza bałtyckiego mogą się zmienić w obecności innych składników pokarmowych.

### Piśmiennictwo

1. *Aluko R. E., Yada R. Y.*: Structure – function relationships of cowpea (*Vigna unguiculata*) globulin isolate: influence of pH and NaCl physicochemical and functional properties. *Food Chem.* 1995, 53, 259-265.
2. *Anon.*: Meat and meat products – determination of L-hydroxyproline content. Reference method. International Standard, ISO 3496-1978 (E).
3. *Aruna V., Prakash V.*: Functional properties of the total proteins of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed. Effect of physical and chemical treatments. *J. Agricul. Food Chem.* 1993, 41, 18-23.
4. *Barbut S.*: Determining water and fat holding. [w:] Hall G. M. (red.): *Methods of Testing Protein Functionality*. Blackie Academic and Professional, New York 1999, 186-225.
5. *Chavan U. D., McKenzie D. B., Shahidi F.*: Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chem.* 2001, 74, 177-187.
6. *Diniz F. M., Martin A. M.*: Effects of the extent of enzymatic hydrolysis on functional properties of shark protein hydrolysate. *Lebensm.-Wiss.-Technol.* 1997, 30, 266-272.
7. *Fonkwe L. G., Singh R. K.*: Protein recovery from mechanically deboned turkey residue by enzymic hydrolysis. *Proc. Biochem.* 1996, 31, 605-616.
8. *Guan X., Yao H., Chen Z., Shan L., Zhang M.*: Some functional properties of oat bran protein concentrate modified by trypsin. *Food Chem.* 2007, 101, 163-170.
9. *Kaur M., Singh N.*: Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chem.* 2007, 102, 366-374.
10. *Khalid E. K., Babiker E. E., El Tinay A. H.*: Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* 2003, 82, 361-366.
11. *Kijowski J., Stangierski J., Leśnierowski G.*: Enzymatyczny hydrolyzaty białkowy z frakcji kostnej po mechanicznym odkostnieniu kurcząt. *Przem. Spoż.* 1992, 46, 149-152.
12. *Lawal O. S., Adebowale K. O., Ogunsanwo B. M., Sosanowo O. A., Bankole S. A.*: On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobosa*). *Food Chem.* 2005, 92, 681-691.
13. *Lin C. S., Zayas J. F.*: Functionality of defatted corn germ proteins in a model system: fat binding and water retention. *J. Food Sci.* 1987, 52, 1308-1311.
14. *Lowry O. H., Rosebrough H. I., Farr A. L., Randall R. I.*: Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951, 193, 265-275.
15. *Mwasaru M. A., Muhammad K., Bakar J., Che M., Yaakob B.*: Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. II. Functional properties. *Food Chem.* 1999, 67, 445-452.
16. *Mwasaru M. A., Muhammad K., Bakar J., Che M., Yaakob B.*: Influence of altered solvent environment on the functionality of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. *Food Chem.* 2000, 71, 157-165.
17. *Oshodi A. A., Ojokan E.-O.*: Effect of salts on some of the functional properties of bovine plasma protein concentrate. *Food Chem.* 1997, 59, 333-338.
18. *Palka K., Sikorski Z. E., Rakowska M.*: The recovery and nutritional evaluation of alkali extracted protein coagulates from crushed bone residues. *Food Chem.* 1985, 18, 291-299.
19. *Pedroche J., Yust M. M., Lqari H., Girón-Calle J., Alaiz M., Vioque J., Millán F.*: Brassica carinata protein isolates: chemical composition, protein characterization and improvement of functional properties by protein hydrolysis. *Food Chem.* 2004, 88, 337-346.
20. PN-75/A-04018. Oznaczenie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
21. *Ragab D. D. M., Babiker E. E., Eltinay A. H.*: Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* 2004, 84, 207-212.
22. *Rutkowski A., Kozłowska H.*: *Preparaty żywnościowe z białka roślinnego*. WNT, Warszawa 1981.
23. *Sathe S. K., Deshpande S. S., Salunkhe D. K.*: Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *J. Food Sci.* 1982, 47, 491-497.
24. *Sathe S. K., Salunkhe D. K.*: Functional properties of the Great Northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Protein: emulsion, foaming, viscosity, and gelation properties. *J. Food Sci.* 1981, 46, 71-74.
25. *Shahidi F., Han X.-Q., Synowiecki J.*: Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chem.* 1995, 53, 285-293.
26. *Sikorski Z. E.*: Białka – budowa i właściwości. [w:] Sikorski Z. E. (red.): *Chemia Żywności*. WNT, Warszawa 2002, 243-277.
27. *Sikorski Z. E.*: Ryby i bezkręgowce morskie – pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. WNT, Warszawa 2004, 64-73.
28. *Sze-Tao K. W. C., Sathe S. K.*: Functional properties and in vitro digestibility of almond (*Prunus dulcis* L.) protein isolate. *Food Chem.* 2000, 69, 153-160.
29. *Tsumura K., Saito T., Tsuge K., Ashida H., Kugimiya W., Inouye K.*: Functional properties of soy protein hydrolysates obtained by selective proteolysis. *Lebensm.-Wiss.-Technol.* 2005, 38, 255-261.
30. *Yoshie-Stark Y., Wada Y., Wäsche A.*: Chemical composition, functional properties, and bioactivities of rapeseed protein isolates. *Food Chem.* 2008, 107, 32-39.
31. *Yu J., Ahmedna M., Goktepe I.*: Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food Chem.* 2007, 103, 121-129.

Adres autora: dr inż. Elżbieta Skierka, ul. Zastawna 6, 83-000 Pruszcz Gdański; e-mail: ela-s6@wp.pl