

Marianna Turkiewicz

Instytut Biochemii Technicznej
Politechnika ŁódzkaEnzymy antarktycznego kryla
i możliwości ich aplikacji

W ostatnich latach poświęca się wiele uwagi biologicznym zasobom wód antarktycznych. Jest to spowodowane nie tylko względami poznawczymi, lecz również globalnym niedoborem białka i poszukiwaniem jego nowych lub dotąd nie eksploatowanych źródeł.

Kluczową rolę w ekosystemie Południowego Oceanu Lodowatego pełni bez wątpienia niewielki, krewetkopodobny skorupiak, *Euphausia superba Dana*, potocznie zwany antarktycznym krylem (1-3). Jego zasoby nie są tak duże, jak sądzono jeszcze w latach siedemdziesiątych. Obecnie roczną produkcję *E. superba* ocenia się na 100 – 500 mln ton (1), jest ona zatem tego samego rzędu wielkości jak roczna produkcja wszystkich ryb morskich (200 mln ton, (1)), których połowy są w ostatniej dekadzie stabilne i oscylują wokół 70 mln ton rocznie (1). Kryla łowi się i przetwarza znacznie mniej (w 1987 r. – łącznie 1 mln ton, (1)), jednakże w ocenie międzynarodowych ekspertów połowy tego skorupiaką będą szybko rosnąć, jest on bowiem doskonałym źródłem pełnowartościowego białka (2,4). Zbyt duża eksploatacja zasobów *E. superba* mogłaby naruszyć subtelną równowagę nie tyle łańcucha, co rozgałęzionej sieci wzajemnych powiązań troficznych unikatowego ekosystemu antarktycznego (3), dlatego też już teraz dąży się do ustalenia „bezpiecznego” poziomu połowów kryla. Wymaga to wielokierunkowych badań nad zasobami, fizjologią i metabolizmem *E. superba* oraz tych wszystkich organizmów, którymi się on odżywia, lub przez które jest konsumowany. Badania te koordynuje Naukowy Komitet Badań Antarktycznych (SCAR), w skład którego wchodzi również przedstawiciel naszego kraju. Są one w dużej części objęte programem BIOMASS (*Biological Investigations of the Marine Antarctic Systems and Stocks*), w ramach którego przeprowadzono już kilka międzynarodowych antarktycznych eksperymentów.

W poprzednich kilkunastu latach opracowano, m.in. dzięki pracom polskich specjalistów, techniki połowów kryla (2,5) oraz sposoby jego przechowywania i przetworstwa na cele spożywcze (odskorupione mięso, koagulatory i izolaty białkowe) i paszowe (mączka krylowa) (2). Bardzo duża nietrawność wyłowionego skorupiaką, utrudniająca procesy przetwórcze, zapoczątkowała badania systemu jego enzymów, przede wszystkim trawiennych, którym przypisuje się główny udział w rozległej i intensywnej autolizie tkanek zwierzęcia *post mortem*. Wyniki tych badań wyjaśniły przebieg autoproteolizy kryla (6-8) i pozwoliły zaproponować sposoby właściwej konserwacji surowca i jego przetworów. Co więcej, wyizolowano i oczyszczono do homogenności kilkanaście hydrolaz peptydowych *E. superba* (9-17), a także jego trawiennych polisacharydaz (18-21) i disacharydaz (22). Okazało się, że są to enzymy o bardzo interesujących właściwościach i prawdopodobnie, przy odpowiednich modyfikacjach technologii przetworstwa kryla, będzie można je otrzymywać w formie surowych lub bardziej oczyszczonych preparatów o wielorakich możliwościach aplikacji.

Trawienne hydrolazy peptydowe antarktycznego kryla tworzą dobrze zrównoważony system, umożliwiający skorupiakowi szybką i głęboką degradację pokarmowych białek. Udowodniono, że głównymi produktami hydrolizy z udziałem systemu trawiennych enzymów proteolitycznych *E. superba* takich białek, jak na przykład kazeina, są wolne aminokwasy i minimalne ilości niższych peptydów (6,23). Autoproteoliza skorupiaką przebiega podobnie: około 70% jej produktów stanowią aminokwasy, pozostałe 30% – niewielkie peptydy (poniżej 3 kD) (6,23). Ellingsen i Mohr (24) w oparciu o swe własne badania i prace innych autorów (2,6) zaproponowali

w 1979 r. schemat przemysłowej technologii otrzymywania L-aminokwasów z surowego kryla na drodze autolizy. Wyliczyli, że z 1 tony *E. superba* można by otrzymać około 90 kg mieszaniny aminokwasów o dużym udziale aminokwasów niezbędnych. Autorzy ci przedstawili też bardziej ogólny wniosek, wynikający z badań nad proteolizą z udziałem enzymów kryla – sądzą mianowicie, że ten proces odgrywa nie tylko kluczową rolę w trawieniu przez skorupiaka organizmów jego diety, lecz ułatwia również trawienie konsumentom kryla, tj. rybom, ptakom, kalmarom, wielorybom (25).

Do tej pory oczyszczono do homogenności trzy proteiny trypsynopodobne *E. superba* (9,11,14), jedną proteinazę chymotrypsynopodobną (13), aminopeptydazę (12) i po dwie karboksypeptydazy A i B (15). Częściowo oczyszczono dwie proteiny aspartylowe (10) oraz enzym podobny do katepsyny L, wyizolowany z odwłoka skorupiaka i prawdopodobnie nie uczestniczący w trawieniu (16). Obecność proteinaz aspartylowych w narządach trawiennych *E. superba* (Kimoto i in. (10) uważają, że te enzymy są zlokalizowane w żołądku kryla) jest bardzo interesująca, ponieważ uważa się, że ogólną cechą trawienia białek u bezkręgowców jest brak fazy pepsynowej (26).

Turkiewicz i in. (17) oczyszczili nietypową serynową proteinazę *E. superba*, której główną cechą jest szeroka specyficzność. Enzym wykazuje równocześnie aktywność trypsyno- i chymotrypsynopodobną oraz właściwości kolagenolityczne (27,28). Trawienny charakter proteiny nie budzi wątpliwości, izolowano ją bowiem zarówno z całych osobników, jak i z treści ich przewodów pokarmowych. Stwierdzono, że enzym można zaliczyć do nowej podrodziny serynowych kolagenaz, rozszczepiających cząsteczki natywnego kolagenu w restrykcyjnym obszarze TC^A, odległym o 25% reszt aminokwasowych od C-końca łańcuchów, a zatem działających tak samo jak typowe tkankowe metalokolagenazy kręgowców (29). Sklasyfikowano już trzy takie serynowe kolagenazy (z trzustką kraba *Uca pugilator* (30) – EC 3.4.21.32; z grzyba *Entomophthora coronata* (31) – EC 3.4.21.33 i z larw owada *Hypoderma lineatum* (32) – EC 3.4.21.49) oraz opisano sześć dalszych, wyizolowanych z bezkręgowców (33,34) i ryb (35,36). Wszystkie one charakteryzują się szeroką specyficznością i funkcją trawienną, nie zaś morfogenetyczną, czym wybitnie różnią się od metalokolagenaz tkankowych (37). Turkiewicz (28) uważa, że obecność serynowej kolagenazy wśród trawiennych enzymów *E. superba* dowodzi wszytkożerności skorupiaka, do niedawna uważanego za jedyne roślinożerne *euphausiida* (38). Ten wniosek zgadza się z wynikami ostatnio rozpoczętych biologicznych doświadczeń nad odżywianiem się kryla, które wykazały, że chętnie żywi się on własnymi larwami (39) i larwami innych antarktycznych organizmów zooplanktonowych (40), zawierającymi z całą pewnością kolagen. Ponieważ jedna z szacunkowych metod obliczania rocznej produkcji *E. superba* opiera się na wielkości biomasy i rocznej produkcji tych organizmów antarktycznych, które stanowią pokarm kryla (1), a które do niedawna ograniczano tylko do fitoplanktonu, można sądzić, że uwzględnienie w tych obliczeniach zasobów niewielkiego zooplanktonu antarktycznego, potencjalnie dostępnego do spożycia przez kryla, uściśli szacunki rocznej produkcji skorupiaka, od wielkości której będą zależeć jego większe połowy.

Proteiny *E. superba* cechują się mikroheterogennością. Technikami immunoelektroforetycznymi i zymograficznymi stwierdzono obecność licznych izoform różnych proteinaz kryla (41), np. sześciu enzymów trypsynopodobnych, co według Mayzaud i in. (42) jest wyrazem dużych zdolności przystosowawczych zwierzęcia do bardzo zmiennego otoczenia troficznego. Trzeba tu wspomnieć, że dwa z trzech enzymów trypsynopodobnych, wyizolowanych z *E. superba* przez Osnesa i Mohra (14) charakteryzują się wyższymi od wołowej trypsyny aktywnościami właściwymi w działaniu na syntetyczne substraty tego enzymu.

Uważa się, że enzymy organizmów ektotermicznych, bytujących w niskich temperaturach, wykazują pewne szczególne cechy, a przede wszystkim większą katalityczną perfekcję działania (jej wyrazem jest wysoka wartość stosunku stałych kinetycznych k_{kat}/K_m , tj. stałej katalitycznej i stałej Michaelisa) niż enzymy organizmów homeotermicznych (43). Ta większa katalityczna

skuteczność wynika z wyższej zdolności obniżania swobodnej energii i entalpii stanu przejściowego substratu, katalizowanych przez takie enzymy reakcji. Rzeczywiście, trypsynopodobne proteiny kryla znacznie bardziej od wołowej trypsyny obniżają energetyczną barierę hydrolyzy syntetycznych substratów (14). Podobnie działa też wspomniana już serynowa kolagenaza skorupiaka, która w dodatku trzykrotnie bardziej obniża energię aktywacji swych substratów w przedziale 0–12°C niż powyżej 20°C (28). Taką samą właściwością charakteryzuje się endo-(1→3)- β -glukanaza (18) oraz chitynazy i N-acetyloglukozaminidazy *E. superba* (44), znacznie bardziej obniżające energetyczną barierę katalizowanych przez nie reakcji w temperaturach zbliżonych do fizjologicznych temperatur skorupiaka, niż powyżej 15–20°C. Wyniki te wskazują, że enzymy antarktycznego kryla mogłyby znaleźć zastosowanie w takich szczególnych procesach, które albo wymagają niskich temperatur, albo też w niskich temperaturach są bardziej ekonomiczne. Galas i in. (45) już w 1980 r. zaproponowali wykorzystanie surowych preparatów trawiennych enzymów *E. superba*, zawierających nie tylko proteiny, ale też enzymy lipolityczne i α -amylazy, do produkcji detergentów piorących w temperaturze wody wodociągowej. Podobną propozycję wysunęli w 1988 r. Murakami i Miyake (46). Użycie takich detergentów w przeciętnym gospodarstwie domowym dałoby oczywiście niewielkie oszczędności, ale ich wykorzystanie w szpitalach, czy w armii mogłoby przynieść znaczące efekty. Prawdopodobnie preparaty enzymów antarktycznego kryla są już komponentem niektórych proszków do prania produkcji zachodnioniemieckiej.

Surowe preparaty enzymów kryla nadają się też do odwłasniania skór zwierzęcych, np. cielęcych, a ich zastosowanie w tym procesie nie narusza struktury i łożyska skór (45).

Nieco bardziej oczyszczone (np. z użyciem filtracji żelowej) preparaty enzymów *E. superba*, zawierające peptydazy i proteiny, proponuje się wykorzystywać głównie w medycynie. Badacze norwescy, Hellgren i in. (47) wykazali, że mogą one wspomagać trawienie u ludzi, doskonale zastępując tak renomowany farmaceutyk, jak pankreon. Hara i Mansei (48) stwierdzili, że preparaty enzymów kryla wykazują silne działanie przeciwzapalne, np. gdy podaje się je myszom ze sztucznie wywołanymi zapaleniami przewodu pokarmowego. Podobne były dużo wcześniejsze obserwacje autorów radzieckich (49), na podstawie których Ministerstwo Zdrowia ZSRR dopuściło już w latach siedemdziesiątych pewne produkty, otrzymywane z *E. superba* (koagulatory białek kryla, tzw. pasta „Okiean”) do leczenia owrzodzeń i stanów zapalnych przewodu pokarmowego, a także otyłości (4).

Opatentowano też metodę otrzymywania częściowo oczyszczonych preparatów enzymów skorupiaka, nadających się do oczyszczania i regeneracji trudno gojących się ran, upłynniania nekrotycznych tkanek i owrzodzeń (50). Ta aktywność enzymów kryla znacznie przewyższa podobną aktywność wołowej trypsyny, systemu streptokinaza–streptodornaza, czy też metalokolagenaz zwierzęcych (51). Badania Turkiewicz (28), dotyczące serynowej kolagenazy *E. superba*, stanowią dobrą przesłankę do rozpoczęcia doświadczeń nad aplikacją preparatów jego proteiny w leczeniu skutków rozległych poparzeń, w których obecnie stosuje się niekiedy inne kolagenazy. Hellgren i in. (50) podali w swym patencie również inne możliwe sposoby wykorzystania preparatów enzymatycznych z kryla, np. do czyszczenia: futer, sztucznej skóry, a nawet szkła i dzieł sztuki.

Hara i Mansei (52) wykazali fibrynolityczną aktywność enzymów antarktycznego kryla. Obserwacje te są szczególnie cenne, bowiem sugerują, że odpowiednio oczyszczone preparaty proteolitycznych enzymów skorupiaka mogłyby znaleźć zastosowanie w nieinwazyjnym usuwaniu zatorów naczyniowych; w tym celu obecnie coraz częściej wykorzystuje się w krajach zachodnich drobnoustrojową streptokinazę. Choroby wieńcowe są dziś – jak wiemy – poważnym problemem, a zatem atrakcyjność ich leczenia metodami enzymatycznymi jest ogromna.

Inna grupa trawiennych enzymów *E. superba*, a mianowicie jego hydrolazy glikozydowe, budzą mniejsze zainteresowanie. Są to również bardzo różnorodne enzymy, obejmujące α - i β -glukanazy, hemicelulazy, chitynazy, pektynazy, dekstranazy, karagenazy, disacharydazy i inne,

podobne enzymy (18,53). Różnorodność polisacharydaz i disacharydaz kryla wiąże się niewątpliwie z różnorodnością strukturalnych i zapasowych węglowodanów fitoplanktonu, stanowiącego główny pokarm skorupiaka. Badania tych enzymów są interesujące przede wszystkim ze względów poznawczych (hydrolazy glikozydowe bezkręgowców morskich są bardzo słabo poznane, a mogłyby stanowić doskonałe narzędzie w strukturalnych badaniach bardzo specyficznych i równie słabo poznanych polisacharydów morskiego fitoplanktonu), jednakże nie można wykluczyć, że ich wyniki stworzą nowe, nie dostrzegane dotąd możliwości aplikacji enzymów *E. superba*.

Trzeba tu wspomnieć, że z kryla wyizolowano i oczyszczono do homogenności kilka szczególnie aktywnych polisacharydaz. Dwie spośród nich to endo-(1→3)-β-glukanazy (laminarynazy) o aktywnościach przewyższających aktywności właściwe wielu analogicznych enzymów pochodzenia drobnoustrojowego (18,21); cztery inne to α-amylazy, z których jedna, stabilizowana przez jony wapniowe, cechowała się wyższą aktywnością właściwą od α-amylazy z jęczmienia (19). Wydaje się, że fizjologiczna rola polisacharydaz *E. superba* nie sprowadza się wyłącznie do trawienia zapasowych frakcji węglowodanów spożywanego przez zwierzę fitoplanktonu, co ma istotne znaczenie dla prawidłowego przebiegu energetycznych przemian skorupiaka, żyjącego przecież w bardzo niskich temperaturach (od -2°C do około 3°C). Enzymy te, wraz z protei nazami, mogą też uczestniczyć w lizie ścian komórkowych fitoplanktonu. O litycznych właściwościach systemu trawiennych enzymów skorupiaka donosili już Galas i in. (54), którzy zaobserwowali taką ich aktywność w lizie żywych i suszonych drożdży piekarskich i browarniczych. O tym czy aktywność zymolityczna enzymów *E. superba* ma jakieś znaczenie fizjologiczne – trudno wyrokować, chociaż ci sami autorzy znaleźli wśród mikroorganizmów wyizolowanych z treści przewodu pokarmowego skorupiaka kilka szczepów pigmentujących drożdży, obecnych też w próbach wody morskiej, pobranych w miejscach połowów kryla (55). Drożdże obecne w środowisku bytowania *E. superba* nie stanowią zapewne znaczącej części jego diety, choć np. El-Sayed (3) uważa, że nie należy umniejszać roli bakterioplanktonu w odżywianiu się skorupiaka. Według tego autora, drobnoustroje związane z cząstkami pokarmowymi spożywanymi przez kryla, mogą stanowić znaczną część jego diety, w ich przyswajaniu zaś musiałyby uczestniczyć enzymy o właściwościach litycznych. Enzymy lityczne, głównie zresztą drobnoustrojowe, proponuje się stosować w rozkładzie ściany komórkowej drożdży paszowych dla zwiększenia ich przyswajalności, czy też w otrzymywaniu protoplastów komórek drożdży i innych mikroorganizmów, wykorzystywanych w niektórych technikach inżynierii genetycznej (fuzja protoplastów (56)). Nie wiadomo, czy nadawałyby się do tego enzymy *E. superba*, jednakże jest to kusząca możliwość ich zastosowania. Ewentualne właściwości lityczne enzymów skorupiaka, *in vivo* powinny być przede wszystkim przez zwierzę wykorzystywane w przyswajaniu jednokomórkowych glonów. Tutaj również potrzebne są bardziej szczegółowe badania trawiennego aparatu *E. superba*, gdyby bowiem jego enzymy były odpowiednio aktywne w lizie ścian komórkowych tych organizmów, można by je zastosować do zwiększenia przyswajalności biomasy glonów, których przemysłowe hodowle uważa się za jedną z perspektywicznych metod zmniejszenia globalnych niedoborów białka (57).

Należy wspomnieć, że niedawno Karlstam (58) opatentował sposób izolacji i oczyszczania bardzo aktywnej hialuronidazy *E. superba*. Nie podaje on w swym patencie możliwych zastosowań tego enzymu, który *in vivo* uczestniczy przypuszczalnie w autolizie skorupiaka, jako tzw. czynnik rozprzestrzeniający (ang. *spreading factor*), i taką samą rolę może pełnić w zaproponowanych już sposobach zastosowania enzymów kryla, np. w efektywnym upłynnianiu zmarzniętych tkanek.

Omówione propozycje wykorzystania enzymów *E. superba* są same w sobie interesujące, jednakże nasuwa się zasadnicze pytanie – czy otrzymywanie tych enzymów na większą skalę jest ekonomicznie uzasadnione? Wyczerpująca odpowiedź jest obecnie niemożliwa, jednak sama idea rozszerzenia technologii przetwórstwa kryla o izolację z niego enzymów, jest całkowicie

realna. Z badań Turkiewicz i in. (59) wynika, że najodpowiedniejszym surowcem do wyodrębniania trawiennych enzymów *E. superba* jest ciecz, którą otrzymuje się poprzez krótkie, najwyżej jednodominutowe wirowanie świeżych zwierząt, w filtracyjnej wirówce przy niskich obrotach (ok. 300 x g). Ciecz ta stanowić może także naturalny wyciek z sieci, wypełnionej masą wylowionych skorupiaków. Choć do tej cieczy przechodzi również podpancerzowa frakcja fosfolipidów, zapewniająca krylom tzw. „ujemną pływalność”, nazwalimy ją umownie treścią przewodnika pokarmowego, ponieważ aktywność enzymów w takim materiale jest 4–10-krotnie wyższa, gdy otrzymuje się go wówczas ze skorupiaków z całkowicie wypełnionym cząstkami pokarmowymi przewodnikiem trawiennym (można to ocenić wizualnie – ciało kryla jest półprzezroczyste), niż wówczas gdy wyodrębnia się go z głodnych zwierząt (17,59). Technolodzy uważają „żerującego” kryla za mało odpowiedni surowiec do przetwórstwa, właśnie ze względu na wypełnienie przewodnika pokarmowego obcymi cząstkami. Usunięcie zawartości przewodnika trawiennego takich skorupiaków, łatwe technicznie, uzdatniłoby surowiec do dalszego przetwórstwa, a jednocześnie pozwoliłoby w tej samej technologii otrzymywać atrakcyjne preparaty enzymatyczne, podnoszące opłacalność całego przetwórstwa kryla. Nasze badania wskazują, że z treści przewodnika pokarmowego, otrzymanej z 1 tony żerujących surowych skorupiaków można by uzyskać około 10 kilogramów preparatów enzymatycznych w formie suchego proszku, wytrącając je z niej siarczanem amonowym lub izopropanolem (45,59). Oprócz enzymów możliwe byłoby wyodrębnianie z tego samego materiału fosfolipidów i lipidów o ciekawym składzie, przydatnych dla przemysłu chemicznego, farmaceutycznego i kosmetycznego. Poważnym utrudnieniem w realizacji takiego przedsięwzięcia jest odległość, jaka dzieli Polskę od Antarktyki, a w związku z tym być może nie będziemy skłonni wykorzystywać antarktycznego kryla jako surowca, dostarczającego nie tylko białka, ale i innych bioproduktów, w tym enzymów. Nie zmienia to jednak faktu, że enzymy *E. superba* mają dużą wartość aplikacyjną.

Literatura

1. Ross R. M., Quentin L. B., (1988), *Comp. Biochem. Physiol.*, 90 B, 499–505.
2. Martin R. E., (1979), *Food Technol.*, January, 46–51.
3. El-Sayed S. Z., (1988), *Comp. Biochem. Physiol.*, 90 B, 489–498.
4. Rakusa-Suszczewski S., (1979), *Dlaczego Antarktyda?*, 87–121, PWN, Warszawa.
5. Karnicki Z., (1979), *Możliwości wykorzystania kryli. Kryl antarktyczny. Przetwórstwo i wykorzystanie.* red. Maj R., 1, 7–24, Wydawnictwa MIR, Studia i Materiały, ser. S, 1, Gdynia.
6. Ellingsen T. E., Mohr V., (1987), *Biochem. J.*, 246, 295–305.
7. Kawamura Y., Nishimura K., Matobe T., Yonezawa D., (1984), *Agric. Biol. Chem.*, 48, 923–930.
8. Kołakowski E., Gajowiecki L., Szybowicz Z., Chodorska T., (1980), *Nahrung*, 24, 499–506.
9. Chen Ch., Yang T. R., Chen H. Y., (1978), *J. Food Biochem.*, 2, 349–366.
10. Kimoto K., Thank V. V., Murakami K., (1981), *J. Food Sci.*, 46, 1881–1884.
11. Kimoto K., Kusama S., Murakami K., (1983), *Agric. Biol. Chem.*, 47, 529–534.
12. Kimoto K., Murakami K., (1984), *Agric. Biol. Chem.*, 48, 1819–1823.
13. Kimoto K., Yokoi T., Murakami K., (1985), *Agric. Biol. Chem.*, 49, 15–1603.
14. Osnes K. K., Mohr V., (1985), *Comp. Biochem. Physiol.*, 82 B, 607–619.
15. Osnes K. K., Mohr V., (1986), *Comp. Biochem. Physiol.*, 83 B, 445–458.
16. Kimoto K., Fukamizu A., Murakami K., (1986), *Nippon Suizan Gakkaishi*, 52, 745–749.
17. Turkiewicz M., Galas E., Kalinowska H., Romanowska I., Zielińska M., (1986), *Acta Biochim. Polon.*, 33, 87–99.
18. Turkiewicz M., Galas E., Zielińska M., (1985), *Polar Biol.*, 4, 203–211.
19. Hsu Po Ho., (1981), cyt. za: *Chem. Abstr.*, 95, 216880.
20. Chen Ch., Chen H. Y., (1983), *J. Chin. Biochem. Soc.*, 12, 61–70.
21. Suzuki M., Harii T., Kikuchi R., Ohnishi T., (1987), *Nippon Suizan Gakkaishi*, 53, 311–317.
22. Chen Ch., Lian K. T., (1986), *Agric. Biol. Chem.*, 50, 1229–1238.

23. Fukuda K., Tani T., Watanabe T., Ogawa T., (1986), *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 33, 186–196.
24. Ellingsen T., Mohr V., (1979), *Process Biochem.*, October, 14–19.
25. Saether O., Ellingsen T. E., Mohr V., (1987), *Comp. Biochem. Physiol.*, 88 B, 165–176.
26. Vonk H. J., Western J. R. H., (1984), *Comparative Biochemistry and Physiology of Enzymatic Digestion*, Academic Press, New York, London, 184–247.
27. Turkiewicz M., Galas E., Kalinowska H., (1989), 19th FEBS Meeting, Roma, MO–214.
28. Turkiewicz M., (1990), *Trawienne enzymy antarktycznego kryla: endo-(1→3)-β-glukanaza i serynowa proteinaza kolagenolityczna*. Rozprawa habilitacyjna, ZN PŁ, 607, ser. rozprawy, z. 142 (w druku).
29. Hari H., Nagai Y., (1979), *Biochim. Biophys. Acta*, 566, 211–221.
30. Grant G. A., Eisen A. Z., Bradshaw R. M., (1981), *A collagenolytic protease from fiddler crab, Uca pugi-lator.*, red. Lorand L., *Meth. Enzymol.*, 80 C, 722–734, Academic Press, New York, London.
31. Hurion N., Formentin H., Keil B., (1979), *Eur. J. Biochem.*, 101, 385–393.
32. Lecroisey A., Boulard Ch., Keil B., (1979), *Eur. J. Biochem.*, 101, 385–393.
33. Grant G. A., Sacchetini J. C., Welgus H. G., (1983), *Biochemistry*, 22, 354–358.
34. Sacharow I. Ju., Litwin F. E., Artjukow A. A., Kotanowa N. N., (1988), *Biochimija*, 53, 1844–1849.
35. Yoshinaka R., Sato M., Itoko M., Yamashita M., Ikeda S., (1986), *J. Biochem.*, 459–467.
36. Yoshinaka R., Sato M., Ikeda S., (1976), *Bull. Japan. Soc. Scient. Fish.*, 42, 455–463.
37. Lecroisey A., Keil B., (1985), *Eur. J. Biochem.*, 152, 123–130.
38. Mauchline J., (1980), *The Biology of Mysids and Euphausiids.*, *Adv. Mar. Biol.*, 234–285, Academic Press, London, New York.
39. Boyd C. M., Heyraud M., Boyd C. N., (1984), *J. Crust. Biol.*, 4, 123–141.
40. Ikeda D., (1982), *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 33, 71–76.
41. Norrman A., Karlstam B., (1985), 13th Int. Congress Biochem., Amsterdam, Abstracts, 4, 300.
42. Mayzaund F., Van Vormhoudt A., Roche-Mayzaund D., (1987), *Polar Biol.*, 8, 73–80.
43. Somero G. N., (1975), *J. Exp. Zool.*, 194, 175–188.
44. Spindler K. D., Buchholtz F., (1988), *Polar Biol.*, 9, 115–122.
45. Galas E., Turkiewicz M., Kałużewska M., (1982), Patent PRL 115 567.
46. Murakami H., Miyake E., (1988), JP 63, 221, 199.
47. Hellgren L., Mohr V., Vincent J., (1984), PCT Int. Appl. WO 85 04 809.
48. Hara K., Mansei K., (1986), JP 61 68, 419.
49. Lyubimova T. G., Naumov A. G., Lagunov L. L., (1973), *J. Fish. Rev. Bd Canada*, 30, 2196–2200.
50. Hellgren L., Gustav J., Mohr V., Vincent J. G., (1985), *Eur. Pat. Appl.*, EP 107, 634.
51. Hellgren L., Mohr V., Vincent J. G., (1986), *Experientia*, 42, 403–404.
52. Hara K. Mansei K., (1986), *Eur. Pat. Appl.*, EP 170, 115.
53. Chen Ch., Gau S. W., (1981), *J. Food Biochem.*, 5, 63–68.
54. Galas E., Turkiewicz M., Zielińska M. T., (1983), *Otrzymywanie preparatów enzymatycznych z kryla: enzymy rozszczepiające glukany i proteiny. Raport roczny z pracy l 29/43/83, wykonanej w ramach programu MRI/29.*
55. Turkiewicz M., Galas E., Kalinowska H., (1982), *Acta Microbiol. Polon.*, 31, 175–184.
56. Bielecki S., (1989), *Kosmos*, 38, 111–126.
57. Czapski J., (1989), *Biotechnologia-PI*, 3–4, 18–25.
58. Karlstam B. E. D., (1988), *Eur. Pat. Appl.*, EP 257, 003.
59. Turkiewicz M., Galas E., Kałużewska M., (1980), *ZN PŁ Technologia i Chemia Spożywcza*, 35, 147–162.

Enzymes of Antarctic krill and possibilities of their applications

Summary

This review summarizes both some properties of the described in literature digestive enzymes of *Euphausia superba* Dana (Antarctic krill), i.e. of its peptide and glycoside hydrolases, and already proposed or possible methods of their practical application, for example in laundry and tannery industries, and in medicine (for debridement of necrotic tissues, as digestion promoters and inflammatory factors).

Adres dla korespondencji:

Marianna Turkiewicz, Instytut Biochemii Technicznej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/10, 90–924 Łódź.