

KONRAD DĄBROWSKI  
*Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie*

## PROBLEMY ŻYWIENIA RYB W AKWAKULTURZE

Ograniczenia w eksploatacji zasobów mórz istnieją już od kilku lat, ale w gronie specjalistów alternatywne metody wykorzystania środowiska wodnego rozwijane są już od dawna. Jednakże rozwojowi metod produkcji żywności w sterowanych układach wodnych przeszkadza często brak podstawowych wiadomości z biochemii, fizjologii, odżywiania się, rozrodu i zachowania zwierząt, które są potencjalnym producentami białka.

Wykonane ostatnio obliczenia nakładów, wyrażone w jednostkach energii, wskazują, że koszty produkcji pstrąga tęczowego są w Wielkiej Brytanii znacznie wyższe niż mleka, brojlerów czy jaj. Na koszty produkcji w fermie pstrągowej wpływa przede wszystkim pasza dla ryb, która stanowiła 93% nakładów, a szczególnie mączka rybna, będąca podstawowym składnikiem paszy, aż 70% nakładów [33]. Z tego chociażby względu problemy żywienia zwierząt w akwakulturze powinny się znaleźć w centrum zainteresowania. Poza tym istnieją również problemy, które nie doczekały się dotąd rozwiązań. Brak jest mianowicie pokarmów sztucznych dla wielu gatunków ryb w młodocianych stadiach. Ich podchów uzależniony jest od dostępności organizmów stanowiących pokarm naturalny — drobnych bezkręgowców wodnych i pierwotniaków [5].

Wiele przyczyn złożyło się, że na wodne konwertory energii zaczęto patrzeć znacznie przychylniej niż dawniej. Oczywiście naukowe uzasadnienie szeregu zjawisk jest opracowywane w dalszym ciągu, jednakże obecnie dysponujemy już pewnymi danymi dla porównania produkcji ryb z produkcją zwierząt stałocieplnych. Ryby, zwierzęta zmiennocieplne, mają niższe potrzeby energetyczne na utrzymanie przemiany podstawowej niż ssaki i ptaki. U ryb zimnolubnych, łososiowatych, potrzeby te wynoszą  $57,6 \text{ kcal } W^{0,63}$ , podczas gdy u ssaków  $70,5 \text{ kcal } W^{0,75}$ , a u ptaków  $83 \text{ kcal } W^{0,75}$ , (gdzie  $W$  — ciężar ciała) [40—41]. U ryby ciepłolubnej, karpia, w optymalnej temperaturze wody  $23^\circ\text{C}$  przemiana podstawowa wynosiła zaledwie  $21 \text{ kcal } W^{0,75}$  [30]. Ta ostatnia uzyskana została metodą kalorymetrii pośredniej, poprzez badania przemiany gazowej, dlatego wstawiono ciężar metaboliczny z wykładnikiem potęgowym charakterystycznym dla ssaków. Potęga  $0,75$  ciężaru ciała sprowadza się w zasadzie

do proporcjonalności poziomu metabolizmu do powierzchni ciała. Teoria, która nawiązuje do tempa przenoszenia się ciała i termoregulacyjnej oraz odżywczo-natleniającej roli krwi, musiałaby potwierdzać prawo powierzchni u ryb analogicznie do zwierząt stałocieplnych. Jasne jest, że założenie takie przestaje być wartościowe w odniesieniu do ryb. Warto wspomnieć, że wykładnik potęgowy 0,63 ciężaru ciała, uzyskany metodą kalorymetrii bezpośredniej [40], jest bardzo bliski stosunkowi ciężaru i powierzchni ciała u ryb.

Różnice w wartościach metabolizmu podstawowego spowodowane są między innymi tym, że ryby poruszające się w wodzie pokonują zaledwie wypadkową siły grawitacyjnej i siły wyporu, a ruch sinusoidalny, sposób w jaki większość ryb się porusza, należy do najbardziej wydajnych energetycznie w przyrodzie. Ryby są zwierzętami amonotelicznymi, u których końcowym produktem przemiany białek jest amoniak, a nakłady energetyczne związane są z jego wydalaniem przez skrzel. Zwierzęta stałocieplne są zmuszone do neutralizacji końcowych metabolitów i syntezy związków nietoksycznych, ich akumulacji, a następnie wydalania. Dlatego też wartość energetyczna 1 g białka dla ryb, ssaków (zwierzęta ureoteliczne) i ptaków (zwierzęta urikoteliczne) wynosi odpowiednio 4,24; 3,37 i 2,92 kcal [41]. Białko jako substancja energetyczna wykorzystywana jest przez ryby efektywnie. Przyrost produkcji ciepła, czyli straty związane z trawieniem i przyswojeniem białka, wyrażone w energii metabolicznej, wynoszą u ryb poniżej 5%, podczas u ssaków i ptaków powyżej 30%.

Olbrzymim atutem ryb jest ich rozrodczość, gdyż w ciągu roku w przeliczeniu na 1 kg samicy pstrąga i karpia można uzyskać odpowiednio 1—5 tys. i 50—100 tys. sztuk potomstwa. Suma tych przyczyn składa się na rezultat końcowy niezwykle pozytywny dla ryb jako producentów białka. W przeliczeniu podanym w tabeli 1, autorzy amerykańscy

Tabela 1

*Koszt energetyczny produkcji białka zwierzęcego*

P r o d u k t	Produkcja lub współczynnik pokarmowy	Gram białka/Mcal strawnej energii	
		wg autorów amerykańskich	wg Kielanowskiego
Wołowina	8	2,3	7,0
Wieprzowina	4	6,4	13,6
Jaja	200 jaj/rok	10,1	17,5
Brojlery	2.1	15,9	12,5
Mleko	5000 l/rok	12,8	17,2
Pstrąg tęczowy	1.5	40,0	—

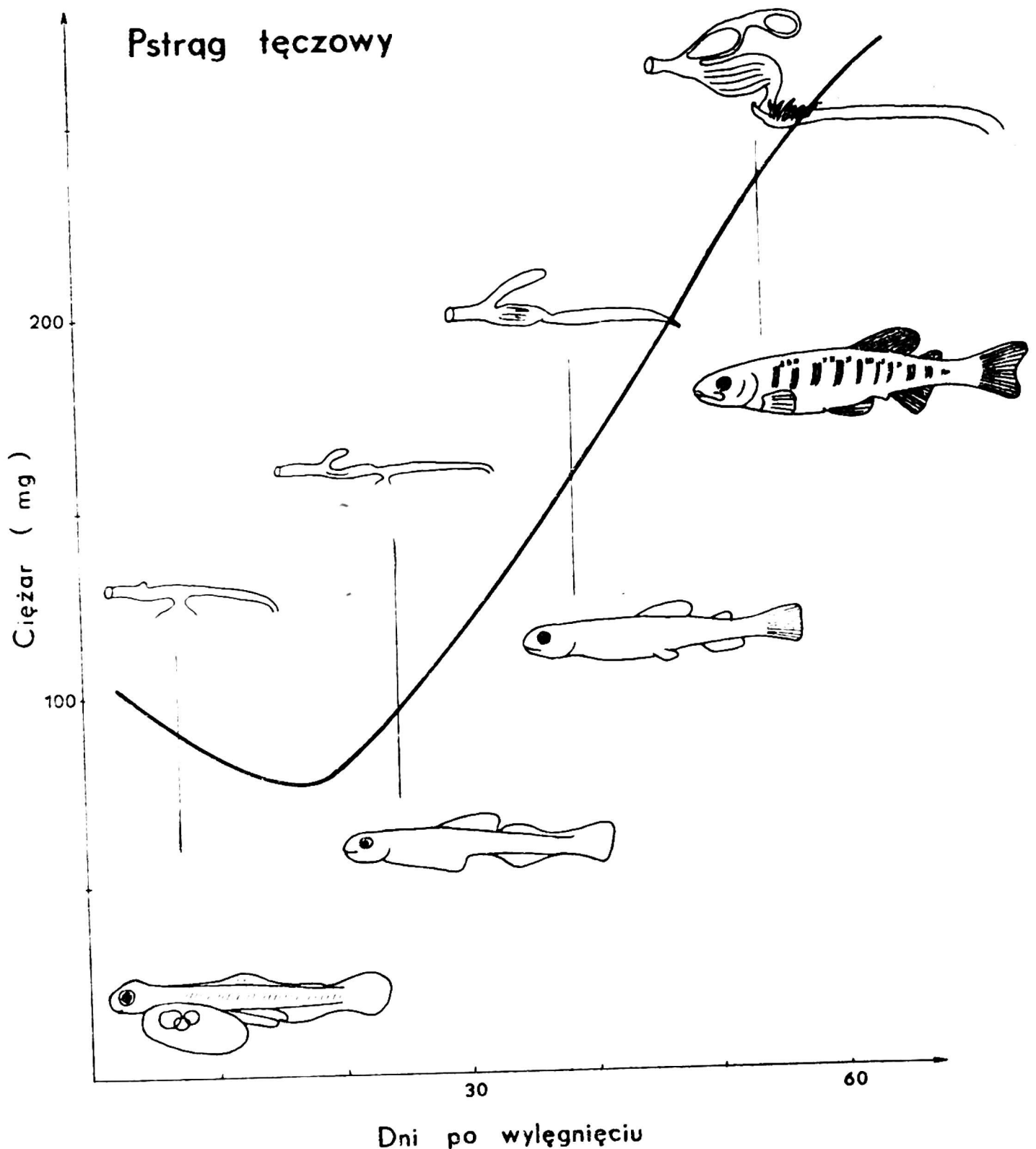
uwzględnili śmiertelność i reprodukcję, podczas gdy dane polskie, według prof. J. Kielanowskiego, rozpatrują wyłącznie produkcję. Należy również wspomnieć, że w paszy pstrągowej w ogólnej wartości energetycznej 3400 kcal/kg, białko stanowi 50% energii, podczas gdy w paszach dla zwierząt wyższych, której wartość energetyczna wynosi około 3000 kcal/kg, białko stanowi zaledwie 20—25%. Różnica ta pogłębiona jest przez dysproporcję wartości energetycznej białka w żywieniu zwierząt stałocieplnych i ryb. Z tego względu gdy wyrazić nakłady na produkcję ryb i zwierząt stałocieplnych w białku paszowym relacja nie będzie wyglądać już tak korzystnie dla ryb i wyniesie dla pstrąga 3300 g białka na 1 kg białka przyrostu, a dla zwierząt wyższych około 3200 g/kg. Oczywiście, zastrzeżenia do tego typu porównań wynikają chociażby z nierozróżnienia ssaków o prostym przewodzie pokarmowym i przeżuwaczy. Te ostatnie tracą jednak około 45% ciepła z pobranej energii metabolicznej, podczas gdy świni i kury tylko około 27%. W przypadku przeżuwaczy obliczenia uwzględniające odzysk białka paszowego dadzą im priorytet konwersji pokarmu, podczas gdy obliczenia energetyczne wskazywać będą na ptaki jako bardziej wydajne. Generalnie paszami objętościowymi winny być żywione przeżuwacze a treściwymi świni i drób. Stąd też te ostatnie mogą być realnym odniesieniem dla porównań z rybami.

Innym aspektem, rzutującym na produkcję ostateczną, jest wielkość produktu nadającego się bezpośrednio do spożycia. Filety ryb, zarówno wyrażone w białku jak i tłuszczu są mniej wydajne niż trafiające do spożycia białko i tłuszcz ze zwierząt stałocieplnych.

### *Przewód pokarmowy ryb*

Pierwszym, praktycznym kryterium podziału wśród gatunków ryb dla akwakultury mogłaby być morfologia przewodu pokarmowego. I tak, pstrąg tęczowy jest przedstawicielem ryb, które przystępują do odżywiania się pokarmem zewnętrznym kiedy rozwój narządów trawiennych zróżnicowany jest na żołądek i jelito. Już przy podwojeniu masy wylęgu (rys. 1) można wyróżnić rejon wyrostków pylorycznych jelita, które otoczone są tkankami trzustki [2]. Obecność znacznych aktywności enzymów pepsyno- i trypsyno- podobnych oraz amylazy stwierdzono u tego gatunku już od początku odżywiania się egzogenego [22]. Jest znamienne, że gatunek ten nie sprawia żadnych kłopotów z żywieniem i obecnie produkowane tzw. startery pstrągowe zapewniają prawidłowy wzrost i rozwój pstrąga tęczowego.

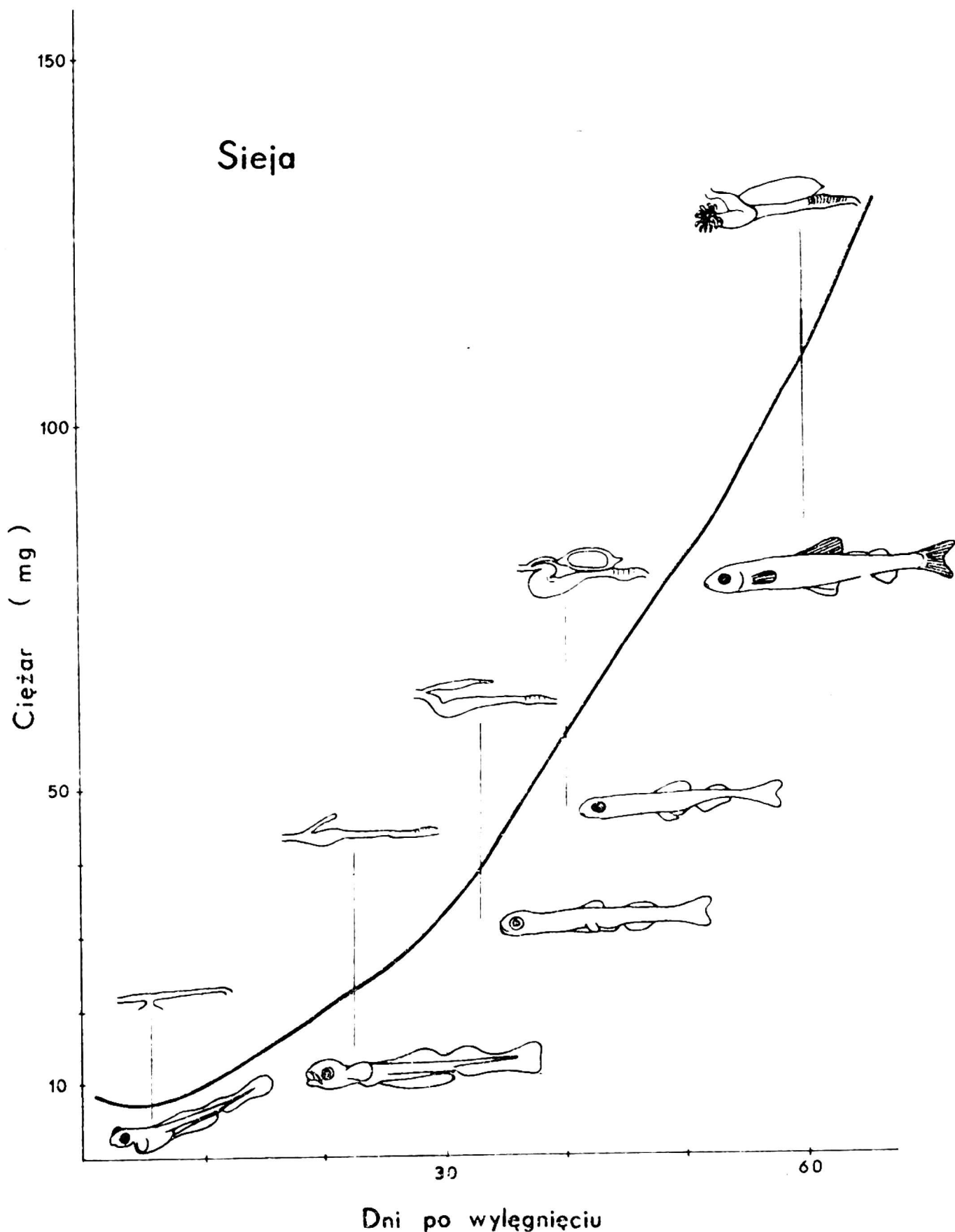
Drugi typ przewodu pokarmowego występuje u larw ryb głąbielowatych, kiedy to po resorpcji woreczka żółtkowego występuje prosta rura



Rys. 1 Zależność pomiędzy wzrostem ciężaru ciała pstrąga tęczowego i rozwojem przewodu pokarmowego [2]

(rys. 2). Jednakże jej tylni segment różni się już od początku rozwoju wyraźnym pofałdowaniem wewnętrznej ścianki jelita. Stwierdzono, że już w tym okresie, enterocyty, komórki nabłonka jelita różnią się funkcjonalnie i mają zdolność pinocytozy, czyli absorpcji makromolekuł białkowych [42]. U larw ryb pinocytoza wydaje się być procesem ważnym w odróżnieniu do ssaków aczkolwiek nie oceniano dotąd jaka część białka pokarmu przyswajana jest tą drogą. W pierwszym okresie wzrostu





Rys. 2. Zależność pomiędzy wzrostem ciężaru ciała siei (*Coregonus Pollan* Thompson) i rozwojem przewodu pokarmowego [oryg.]

larw koregonidów aktywność enzymów proteolitycznych, a w szczególności pepsyny jest niewielka [9], co świadczy o нефункционowaniu żołądka nawet u rybek, które dziesięciokrotnie zwiększyły swój ciężar po wylęgnięciu. O ile znane są pozytywne wyniki podchowu narybku koregonidów o tyle nie uzyskano wzrostu wylęgu, który od początku

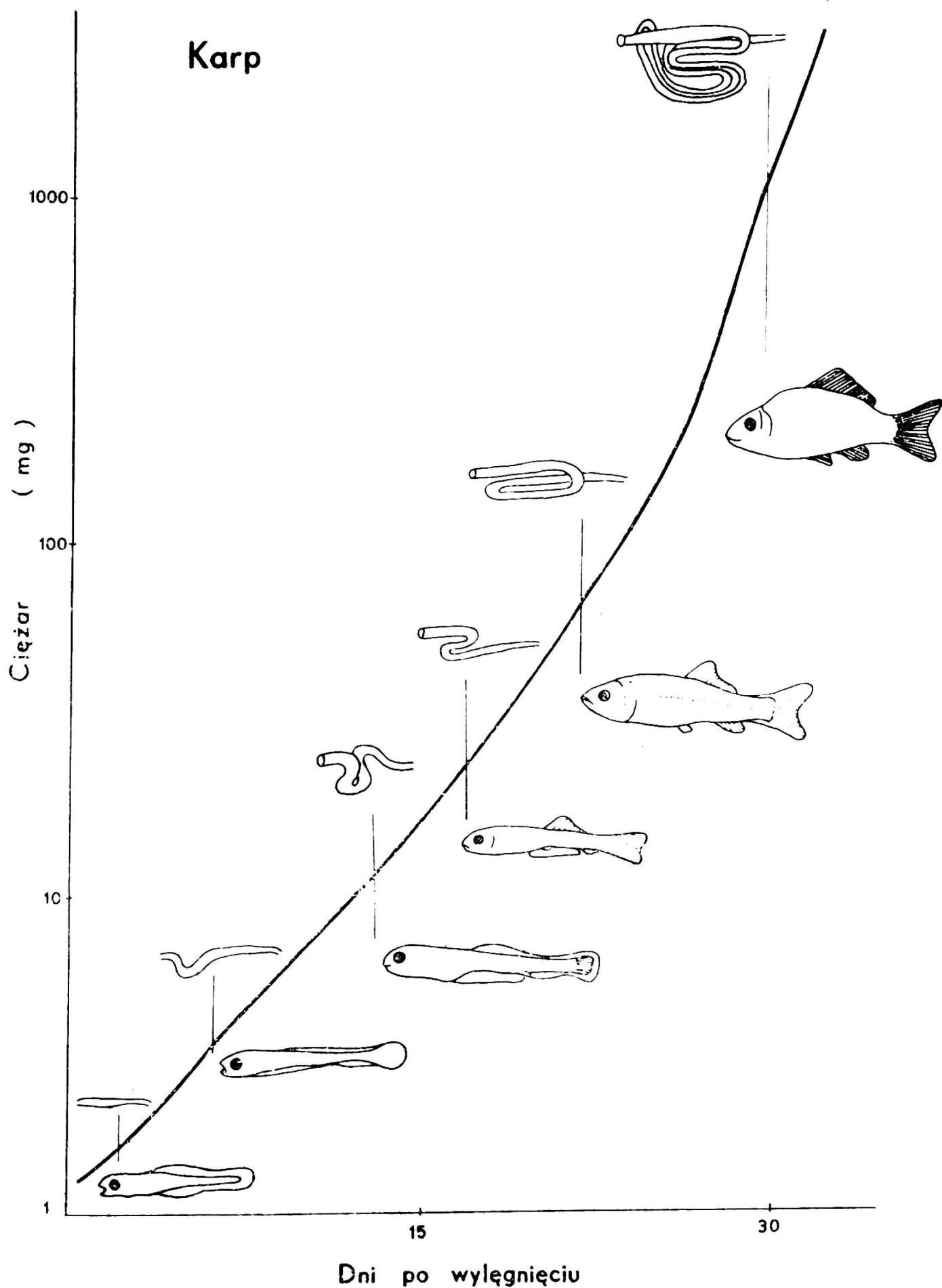
otrzymywał pasze sztuczne. Co prawda pojawiło się doniesienie o sukcesie w podchowiu wylęgu sielawy żywionej drożdżami *Candida lypolitica*, jednakże jego wyników dotąd nie potwierdzono.

Rodzina ryb karpiowatych nie posiada żołądka, jednakże jelito już u wylęgu, nawet gdy stanowi tylko część długości ciała, jest morfologiczne i funkcjonalnie zróżnicowane [19] (rys. 3).

W późniejszym okresie w jelicie można wyróżnić 3 segmenty; w pierwszym o długości 55% ma miejsce przyswajanie tłuszczu, jelito środkowe (34%) posiada enterocyty zdolne do pinocytozy, a w jelicie tylnym zachodzi wymiana jonowa i wodna [16]. Dla wytworzenia pełnej złożoności przebiegu jelita karp potrzebuje około 1 miesiąca, a jego ciężar wzrasta w tym okresie ponad tysiąc razy [25]. Pomimo wytworzenia określonego wzrostu przebiegu jelita, jego względna długość w stosunku do długości ciała wzrasta aż do drugiego roku życia. Zarówno w przypadku karpia jak i aklimatyzowanych u nas ryb roślinożernych amura i tołpygi, stwierdzono dotąd minimalny wzrost i znaczną śmiertelność przy zastosowaniu pokarmów sztucznych. Trudności te zanikają, gdy karp osiągnie około 50 mg ciężaru ciała, kiedy to standardowe pasze pstrągowe zapewniają dalszy wzrost i rozwój [5]. Wylęg karpia posiada specyficzną aktywność enzymów proteolitycznych około 10 krotnie mniejszą niż wylęg pstrąga, a trawienie pepsynowe nigdy się u niego nie pojawia [23]. Większość badaczy upatruje trudności w żywieniu wczesnych stadiów ryb karpiowatych przede wszystkim w niedostatecznej aktywności enzymów proteolitycznych, jednak dodatek trypsyny wołowej do paszy sztucznej nie dał pozytywnej reakcji [12]. Wiadomo skądinąd, że pokarm naturalny wylęgu ryb, raczki planktonowe, są źródłem enzymów proteolitycznych, a ponadto aktywują zymogeny prekursorów proteaz ryb [9]. Jednakże, proces asymilacji pokarmu wydaje się bardziej skomplikowany, a udział pinocytozy pomimo, że nie oznacza jeszcze przyswojenia białka pokarmowego to jednak możliwość absorpcji białka o ciężarach molekularnych od 40 do 800 tys. wydaje się przesądzać o znacznym udziale trawienia wewnątrzkomórkowego [19 42].

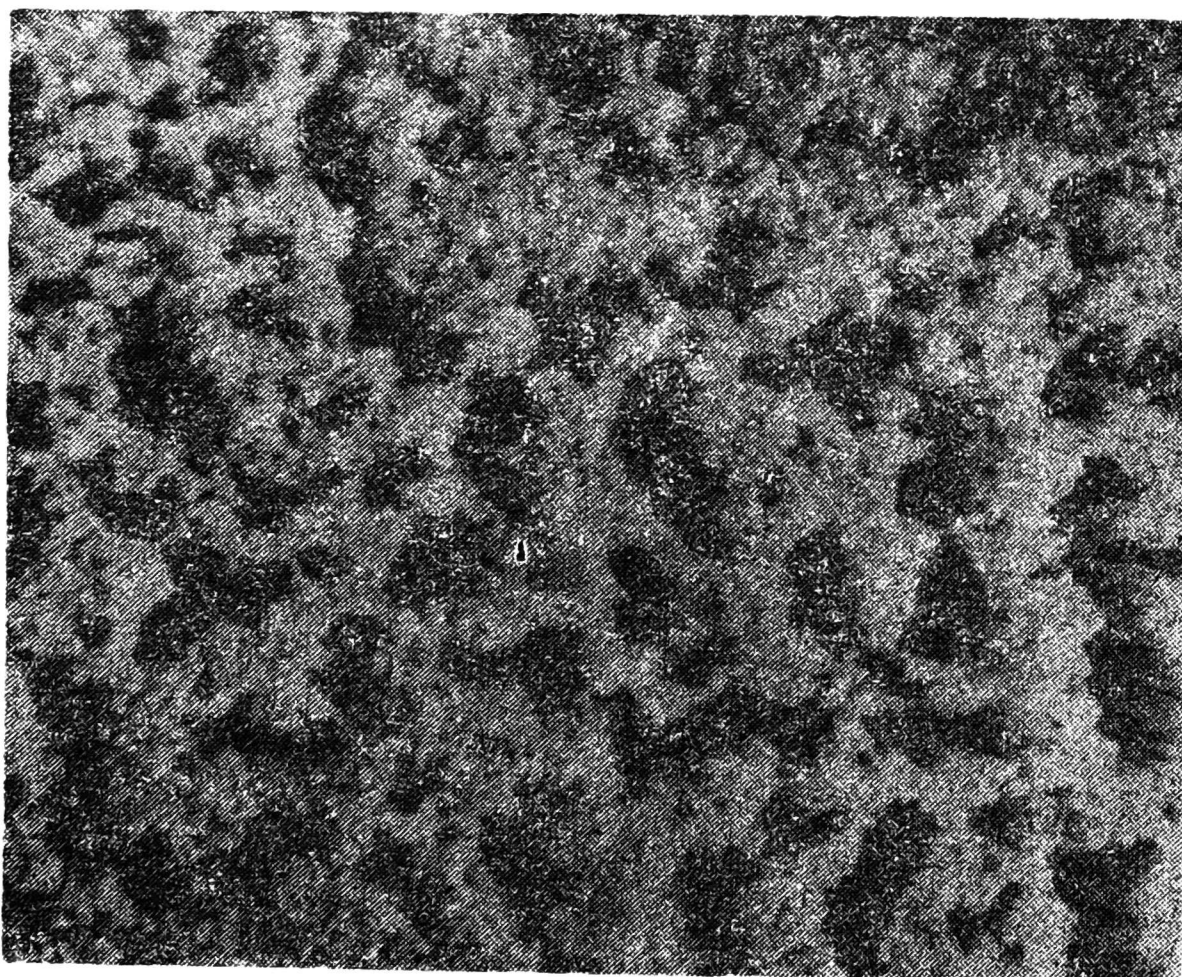
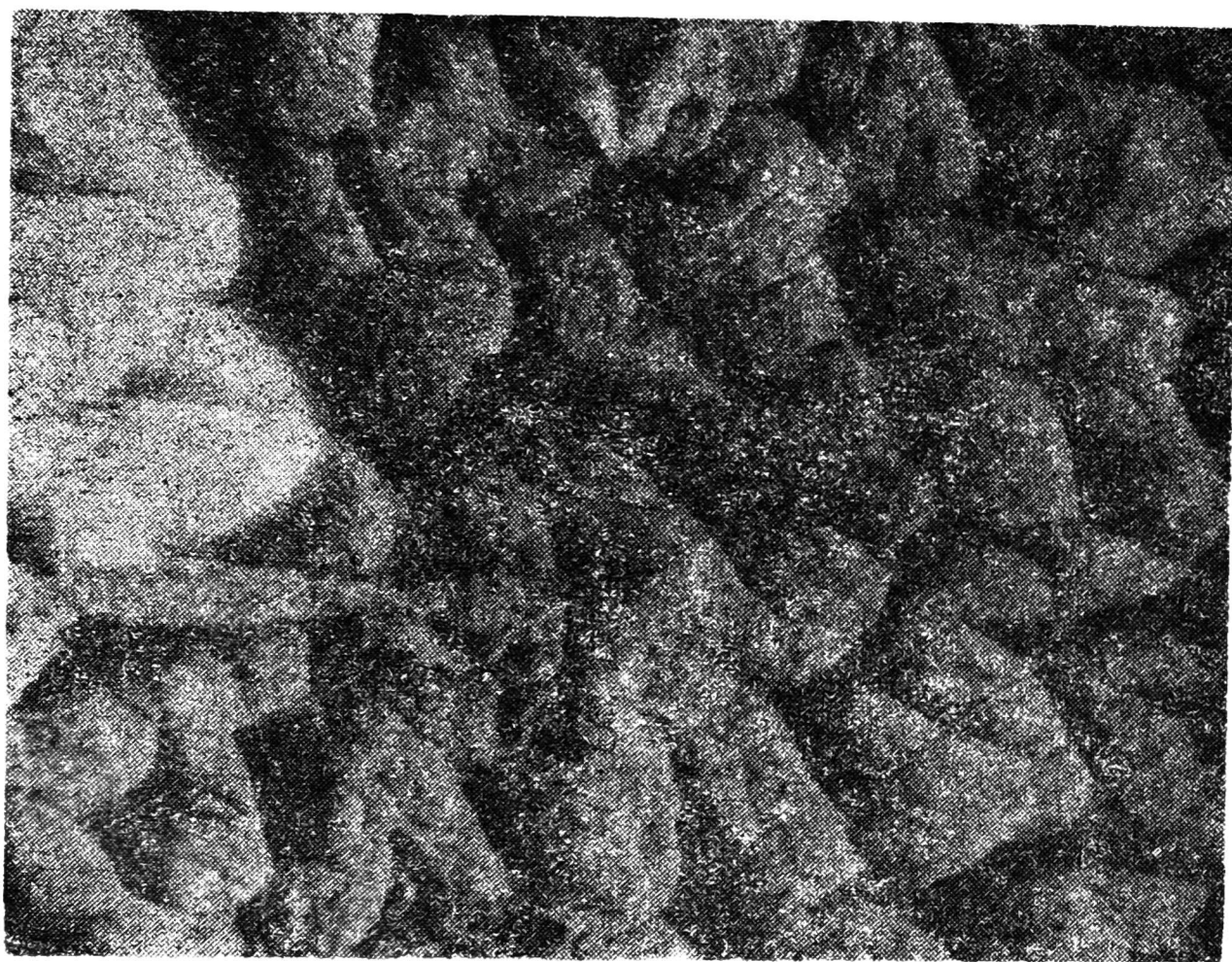
### *Długość jelita a działalność flory bakteryjnej*

Jelito ryb ma równie skomplikowaną co interesującą budowę. Komórki nabłonka, enterocyty, posiadają mikrokosmki, które około 20—40 razy zwiększają powierzchnię funkcjonalną błony w porównaniu do jej płaskiej powierzchni (fot. 1). W rozwoju ontogenetycznym karpiowatych pochodzących z Indii jelito może ponad 25 razy przewyższać długość ciała (rys. 4). Pokarmem tych ryb jest detrytus, rozpadające się resztki ro-



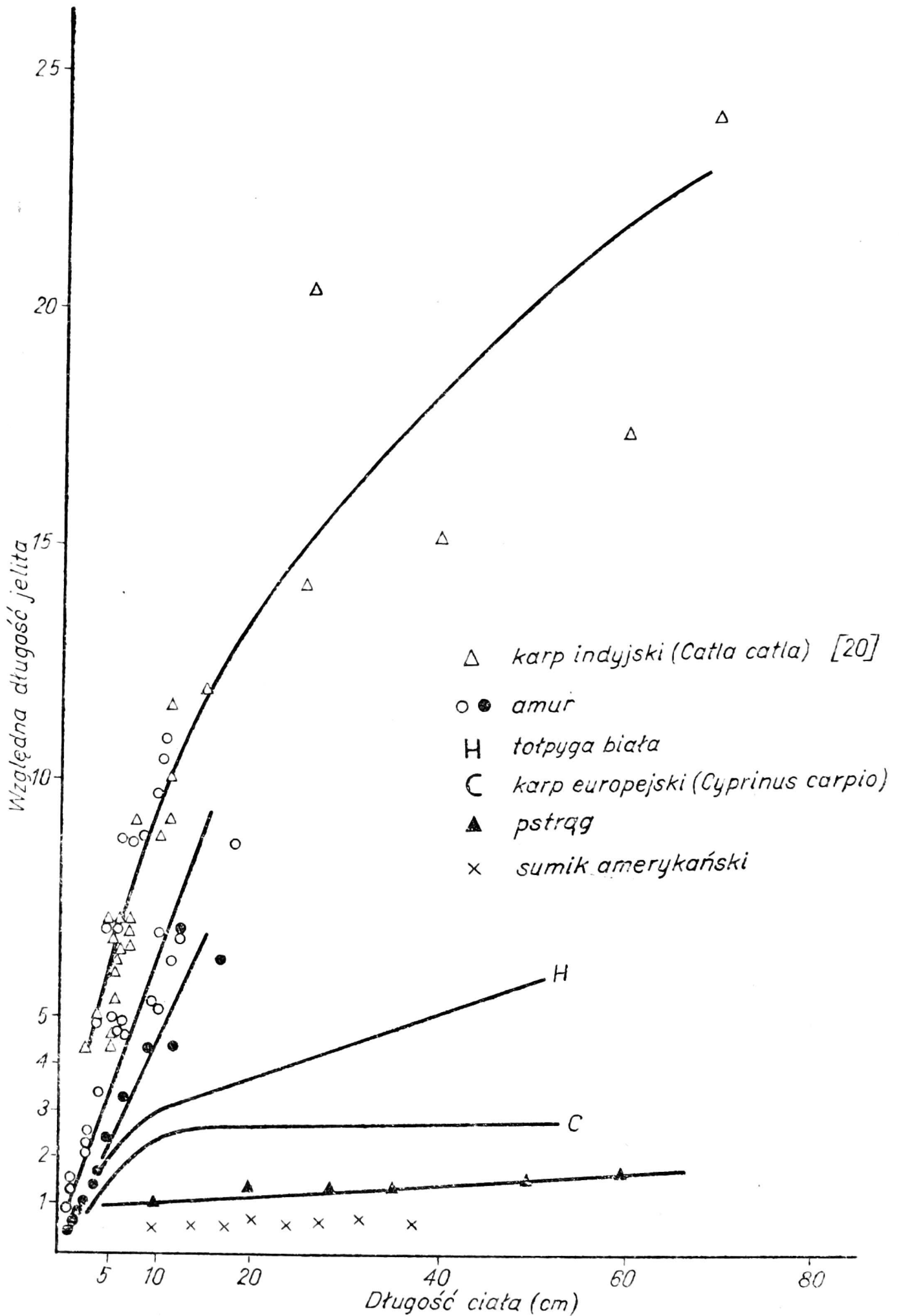
Rys. 3. Zależność między wzrostem ciężaru karpia i rozwojem jelita [25].

ślinno-zwierzęce z dna zbiorników wodnych, zasiedlone przez liczną florę bakteryjną. W warunkach naturalnych karpowate mogą osiągnąć ciężar ponad 10 kg po 3 latach życia, a przypisuje się to ich długości prze-



Fot. 1. Obraz jelita karpia w skanningowym mikroskopie elektronowym [oryg.]  
A — powierzchnia jelita z wiodczynmi kryptami jelitowymi (pow. 50X)  
B — powierzchnia komórek nabłonka jelitowego, widoczne mikrokosmaki (pow. około 10 000X).





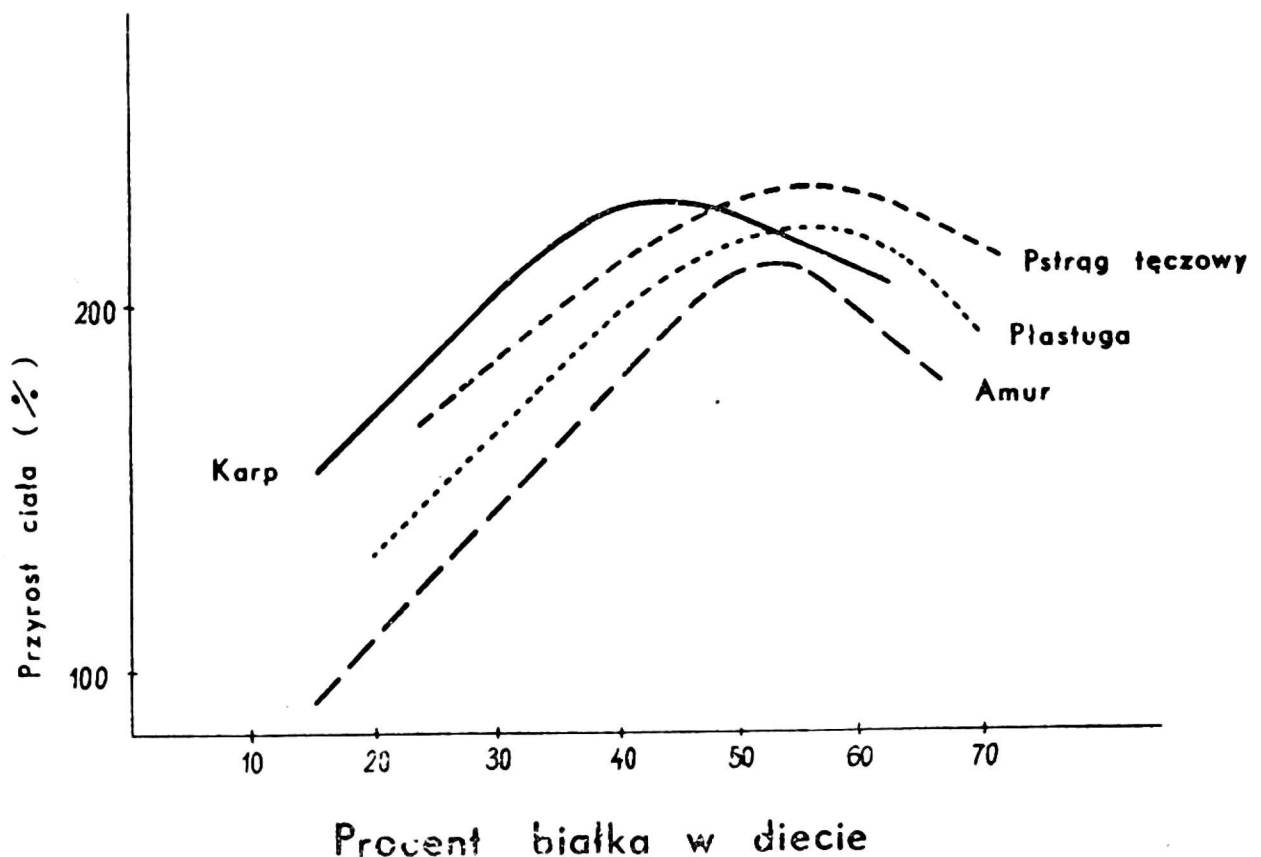
Rys. 4 Zależność pomiędzy długością ciała ryb i względną długością jelita (wyrażoną krotnością długości ciała)

wodu pokarmowego [20]. Rotacja pokarmu w przewodzie trawiennym tych ryb trwa kilka dni, a optymalna temperatura życia 25—28° C zapewnia intensywny rozwój flory bakteryjnej przewodu pokarmowego. Badania ilości komórek bakteryjnych w miarę przesuwania się masy pokarmowej sugerują rozmnażanie a następnie rozpad komórek, a więc możliwe jest wykorzystanie biomasy bakteryjnej przez ryby [26]. Flora bakteryjna jelita u takich ryb, jak karp i roślinożerne w warunkach stawowych ogranicza się do kilku najwyżej kilkunastu najbardziej licznych szczepów. Ogólna biomasa bakterii osiągać może do 50% zawartości przewodu pokarmowego [37]. U ryb żywionych paszami sztucznymi dominacja grup fizjologicznych drobnoustrojów zmienia się i biomasa amonifikatorów rozkładających białka osiąga 100 mg na gram zawartości jelita, podczas gdy u ryb na pokarmie naturalnym nie przekraczała 1,4 mg/g [38]. Szereg gatunków bakterii zasiedlających przewód pokarmowy ryb karpiowatych ma zdolność syntezy z azotu nieorganicznego aminokwasów egzogennych, takich jak metionina, histydyna, walina czy lizyna [38]. Dotąd nie stwierdzono takiego procesu *in vivo* odnośnie aminokwasów, jednakże obserwowano syntezę witamin z grupy B w jelicie ryb żywionych dietami syntetycznymi z deficytem tych związków [7]. U wielu ryb morskich i słodkowodnych stwierdzono aktywność celulolityczną i chitynolityczną pochodzenia bakteryjnego, co tłumaczy się przystosowaniem do zawartości chityny i celulozy w naturalnych pokarmach ryb. W kontekście tych rozległych właściwości flory bakteryjnej przewodu pokarmowego ryb, nie będzie już niezwykle stwierdzenie, że dodatek związków azotowych niebiałkowych, takich jak mocznik i cytrynian amonu do paszy dla karpia, powodował kilkudziesięciokrotny przyrost ilości drobnoustrojów wykorzystujących te źródła azotu [11]. Łącznie z wynikami bilansu azotowego wydaje się możliwe istnienie u pewnych gatunków ryb sytuacji podobnej do stwierdzonej u zwierząt przeżuwających, to jest asymilacji azotu nieorganicznego przez bakterie, a następnie wykorzystanie białek bakterii przez organizm ryby. Zagadnienia te, niewątpliwie o dużym znaczeniu praktycznym, wymagałyby jednak dalszych badań.

### Zapotrzebowanie pokarmowe

Już wcześniej wspomniano, że białko jest dla ryb również substancją energetyczną, stąd jego optymalny poziom przy którym uzyskano maksymalne przyrosty ciała wynosił od 38 do 52% białka w diecie (rys. 5). Zapotrzebowanie na białko było więc 2—3 krotnie wyższe niż u ssaków i ptaków. Zapotrzebowanie to u ryb zmienia się w zależności od temperatury wody i jej zasolenia, rodzaju białka w diecie i stosunku białka

i energii [7]. Wykazano mianowicie, że w diecie pstrąga tęczowego, przy zwiększonej ilości tłuszczu do 20%, ilość białka może być obniżona do 38%, jednakże węglowodany nie mogą być energetycznym substytutem tłuszczu u tego gatunku [46]. Ryby karpowate charakteryzują się z kolei wyższą retencją azotu przy zwiększonej ilości węglowodanów. Możliwe są również zmiany w zapotrzebowaniu na wysokowartościowe białko die-



Rys. 5 Zależność pomiędzy ilością białka w diecie i przyrostem ciała ryb [według różnych autorów]

ty w rozwoju osobniczym ryb, chociażby ze względu na florę bakteryjną. Zagadnienia te nie były dotąd badane. Charakter odżywiania się ryb, rodzaj ich pokarmu naturalnego powinien mieć wpływ na zapotrzebowanie białka u ryb, jednak narybek amura posiadał równie wysokie zapotrzebowanie białkowe jak i inne gatunki ryb [6]. Kiedy amur przechodzi na odżywianie się roślinami wyższymi, co było przesłanką jego aklimatyzacji w Polsce, stwierdzono, że białko zwierzęce jest dalej niezbędnym składnikiem jego diety dla efektywnego wzrostu [15].

Wartość białka determinowana jest w znacznej mierze jego składem aminokwasowym. W ostatnich latach przy użyciu diet składających się z syntetycznych aminokwasów określono zapotrzebowanie na formy egzogenne u szeregu gatunków ryb (tab. 2).

Problem potrzeb aminokwasowych jest złożony i zależy od relacji poszczególnych aminokwasów. Wykazano ponadto wpływ pH diety na ich wykorzystanie. Generalnie jednak wymagania ryb są wyższe niż zwierząt stałocieplnych, choć różnice nawet pomiędzy pstrągiem i wę-

Tabela 2

## Zapotrzebowanie aminokwasów zwierząt stałocieplnych i ryb (% białka)

Białko w diecie %	Stałocieplne		Ryby		
	Świnia 13	Kura 18	Pstrąg 40	Karp 40	Węgorz 40
Arginina	1,5	6,1	3,0	4,3	4,5
Histydyna	1,5	1,7	1,8	2,1	2,1
Isoleucyna	4,6	4,4	2,2	2,5	4,0
Leucyna	4,6	6,7	3,9	3,3	5,3
Lizyna	4,7	6,1	5,0	5,7	5,3
Metionina	3,0	4,4	4,0	3,1	3,2
Fenylalanina	3,6	7,2	5,1	6,5	5,8
Treonina	3,0	3,3	2,2	3,9	4,0
Tryptofan	0,8	1,1	0,5	0,8	1,1
Walina	3,1	4,4	3,2	3,6	4,0
Glicyna	—	8,9	—	—	—

gorzem są olbrzymie (np. zapotrzebowanie na tryptofan i treoninę [7, 42]). Niestety w dalszym ciągu nie znane są specyficzne potrzeby aminokwasowe ryb w ich cyklu życiowym, podczas dynamicznego wzrostu, czy tworzenia gonad. Zastosowanie metod biochemicznych w porównaniu do klasycznej diety z syntetycznymi aminokwasami przynosi ostatnio rezultaty różniące się od zapotrzebowania, które skłonni byliśmy uznać za poznane [21]. Niewątpliwie zapotrzebowanie aminokwasowe ryb winno być dalej przedmiotem badań.

Zapotrzebowanie szeregu ryb na tłuszcze oraz kwasy tłuszczowe szczególnie egzogenne takie jak: linolowy i linolenowy, pokrywane może być z wyższych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych [44]. Te ostatnie są ilościowo ważnym składnikiem tłuszczu bezkręgowców wodnych. Istnieje jednak duża zmienność reakcji na brak tłuszczu w diecie ryb. Pstrąg tęczowy już po kilku tygodniach wykazywał braki egzogennych kwasów tłuszczowych, podczas gdy na diecie beztłuszczowej wzrost był natychmiast wstrzymywany. Karp na diecie beztłuszczowej rósł ok. 10 tygodni identycznie jak otrzymujący kompletną paszę. Szereg gatunków ryb ma możliwość hydrolizy i przebudowy wosków zawartych w pokarmie, które mogą być następnie ważnym składnikiem iskry bądź akumulowane w mięśniach.

Z tłuszczami związana jest część witamin, które pełnią równie ważną rolę. Do objawów awitaminozy u ryb należy przede wszystkim wstrzymanie wzrostu i wysoka śmiertelność oraz anormalne ubarwienie, katarakty oczu, anemia, lordoza i skoliza czyli skrzywienie kręgosłupa. Przy brakach kwasu pantotenowego w populacji ryb występuje zrastanie się listków skrzelowych, niedobór kwasu foliowego prowadzi do zmian



w obrazie krwi i narządów krwiotwórczych. Również jeśli chodzi o witaminy zdarzają się różnice, na przykład kwas askorbinowy czyli witamina C jest niezbędna dla wzrostu pstrąga, podczas gdy karp nie wykazuje zapotrzebowania [36]. Aspekt deficytów witamin jest szczególnie ważny, gdyż pasze dla ryb są przechowywane przez długie okresy, przez co są narażone na straty wskutek utleniania bądź rozkładu witamin [29]. Szereg pokarmów posiada aktywne enzymy rozkładające witaminy i nieprawidłowe przechowywanie powoduje znaczne straty wartości pasz. Ryba surowa, szeroko stosowany pokarm w żywieniu pstrąga posiada aktywną tiaminazę, stąd przechowywana w temperaturze pokojowej już po kilku godzinach pozbawiona jest niemal zupełnie witaminy B<sub>1</sub> [18].

Przy olbrzymiej różnorodności pasz dla ryb nie należy również lekceważyć możliwych niedoborów mineralnych. Część soli uzupełniana może być bezpośrednio z wody, jednakże obecnie znane jest zapotrzebowanie niektórych gatunków ryb na żelazo, fosfor i cynk, które dostarczone muszą być z pokarmem [28, 31, 35]. W sytuacji chowu i żywienia ryb w dużych zagęszczeniach dochodzi do sytuacji dotąd nieznanych z warunków hodowli stawowej. Na skutek znacznych ilości dwutlenku węgla i deficytu magnezu dochodzi u ryb łososiowatych do kalcynozy i niewydolności nerkowej a w konsekwencji do znacznego obniżenia wzrostu. Dieta wzbogacana w magnez i fosfor rozwiązywała ten problem [4].

### *Substytuty mączki rybnej w paszy dla ryb*

Mączka rybna jest komponentem paszy dostarczającym przede wszystkim białka, lecz również znacznych ilości tłuszczu i składników mineralnych. Te ostatnie mogą być uzupełnione przez specjalne dodatki, lecz znalezienie taniego ekwiwalentu białka mączki rybnej jest dotąd trudne. Uwagę zwrócono na szereg produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego. Mączka z piór i odpadów drobiowych w paszy pstrąga tęczowego dała w doświadczeniach prowadzonych w RFN znakomite wyniki, aczkolwiek białko tego substytutu ma szczególnie niezbilansowany pod kątem zapotrzebowania ryb skład aminokwasowy [45]. Konieczne wydają się dodatki niektórych aminokwasów syntetycznych. Mączka z kryła, skorupiaka morskiego, w doświadczeniach krajowych i zagranicznych dała korzystne wyniki substancji mączki rybnej [45], jednakże próby użycia w żywieniu ryb kryła konserwowanego były raczej niekorzystne [8].

Produkty uboczne przerobu białka zwierzęcego obciążone są w znacznym stopniu kosztem energetycznym produktu podstawowego i w zasadzie są tylko półśrodkiem w celu wyeliminowania bądź ograniczenia użycia mączki rybnej.

Zakończono próbę stosowania drożdży rosnących na oleju parafinowym, które po zbilansowaniu aminokwasami okazały się nawet lepsze od mączki rybnej. Jednak konsekwencją tego substytutu była akumulacja w mięśniach pstrąga 100-krotnie wyższych ilości n-parafin niż u ryb kontrolnych żywionych paszą opartą na mączce rybnej [17]. Stawia to pod znakiem zapytania możliwość stosowania drożdży parafinowych w żywieniu ryb.

W takiej sytuacji szczególnie wartościową alternatywą mogą być białka pochodzenia roślinnego. Już dawno zwrócono uwagę na białko soi, choć w warunkach naszego kraju było to dotąd tylko wyjście częściowe, gdyż jest to ziarno importowane. Soja nie odtłuszczona, poddana obróbce termicznej w celu dezaktywacji inhibitorów proteaz, uzupełniona o deficytowe aminokwasy siarkowe, zastosowana w paszach dla pstrąga i łososa pozwoliła na całkowitą eliminację mączki rybnej [34, 39]. Poekstrakcyjna śruta sojowa stanowi odrębny problem, gdyż dezaktywacja inhibitorów proteaz jest tylko częściowa, a długa obróbka termiczna prowadzi do zmniejszenia dostępności szeregu aminokwasów białka soi. Zastosowanie mączki sojowej dało znakomite wyniki w żywieniu tilapii, gatunku ryby robiącej zawrotną karierę w akwakulturze na całym świecie, jednak zastosowana w paszach dla sumika amerykańskiego, drugi po pstrągu gatunek ryby słodkowodnej w akwakulturze USA oraz amura, dała tylko częściowo pozytywny wynik [10, 14]. Wykazano, że korzystnie wpłynęła na wykorzystanie mączki sojowej dodatek popiołu jako źródła fosforu i innych związków mineralnych, stąd niewątpliwie konieczne są dalsze doświadczenia z tym komponentem.

Znacznie mniej uwagi poświęcono dotąd śrucie rzepakowej jako substytutowi mączki rybnej. Izolowany preparat białka rzepaku pozwolił na wyeliminowanie białka soi z paszy pstrąga tęczowego, a uzyskane przyrosty ryb były wyższe niż u ryb kontrolnych. Jednakże śruty i mączki rzepakowe powodowały znaczne obniżenie przyrostów ryb w stosunku do pasz ze śrutą sojową. W doświadczeniach tych zastosowano mączki z nasion rzepaku odmiany Bronowski, posiadającej zmniejszony poziom związków tioglikozydowych, toksycznych dla zwierząt. Pstrąg tęczowy okazał się organizmem wyjątkowo czułym na obecność tych substancji w paszy, reagując hipertrofią tarczycy i obniżonym poziomem jej hormonu, tyroksyny [47]. W Polsce prowadzone są zarówno prace nad udoskonaleniem odmian rzepaku w celu obniżenia zawartości tioglikozydów, jak i prace technologiczne zmierzające do usunięcia tych związków z nasion. Należy przypuszczać, że białko rzepaku stanie się w niedalekiej przyszłości ważnym komponentem pasz dla ryb.

Innym źródłem białka pokarmowego jako komponentów pasz dla ryb są organizmy jednokomórkowe hodowane na różnych substratach.

W Wielkiej Brytanii zaawansowane są prace nad wykorzystaniem w żywności pstrąga tęczowego osadu czynnego uzyskanego z oczyszczania ścieków komunalnych. Bakterie i pierwiastki rozwijające się w osadzie czynnym stanowią zasadniczą część jego biomasy i stąd 20% udziału osadu czynnego jako komponentu paszy pstrągowej pozwolił uzyskać wzrost ryb i wykorzystanie diety nawet nieco lepsze niż u ryb na diecie kontrolnej. W tym przypadku udział mączki rybnej obniżono tylko o 8% w porównaniu do diety kontrolnej [43].

Na Uniwersytecie Ulsterskim w Północnej Irlandii prowadzi się badania nad wykorzystaniem odpadów po destylacji whisky do hodowli jednokomórkowego organizmu. *Geotrichum candidum*. Uzyskana biomasa posiada około 35% białka w suchej masie i zastosowanie jej w paszy pstrągowej, przy wycofaniu 50% mączki rybnej dało obiecujące wyniki. Wzrost ryb żywionych paszą z dodatkiem *Geotrichum* był tylko nieco gorszy niż ryb na diecie kontrolnej, jednak konieczna jest kontynuacja tych badań w celu zbilansowania składu aminokwasowego białka *Geotrichum*, szczególnie ubogiego w metioninę.

Pogoń za tanim białkiem pokarmowym prowadzi często do hazardu w wyborze substytutów. Prowadzone w szeregu krajach próby nad bezpośrednim użyciem w diecie ryb ekskrementów drobiu czy innych zwierząt gospodarskich dają w zasadzie ujemne wyniki [3]. Zrozumiałe, że rozwiązania takie budzą szereg obaw natury estetycznej, ale przede wszystkim natury zdrowotnej. W tym względzie istnieje wyjście doskonalsze, zresztą rozwinięte już w USA i krajach Azji w ramach programów FAO, do skali dużych obiektów. Chodzi mianowicie o zamknięte obiegi, recyrkulację materii i wody, w których odchody w formie płynnej, na przykład z chlewni, odprowadzane są do uprawy polowej, bądź do kultury glonów wodnych. Oczyszczona w ten sposób woda zasila zbiorniki z rybami, które odżywiane są glonami uzyskanymi w poprzednim ogniwie łańcucha. Woda ze zbiorników z rybami oczyszczana jest przez innych mikroskopijnych producentów roślinnych bądź w uprawach hydroponicznych i biologicznie czysta może powrócić do początku obiegu [27].

W ten sposób wychodząc od problemów żywienia zwierząt wodnych skończyć można akcentem znacznie ogólniejszym, bo mówiącym o przyszłości akwakultury jako biofiltru znacznie szerszego układu, a równocześnie producenta białka zwierzęcego dla potrzeb żywienia człowieka.

## LITERATURA

1. Appelbaum S.: The suitability of alkan-yeast (hydrocarbon grown yeast) as a first nutrient for *Coregonus albula* (L.) fry. Symposium on Finfish Nutrition and Feed Technology, EIFAC, Hamburg, 1978.
2. Burnstock G.: Quar. J. Microsc. Sci., 100, 183—198, 1959.
3. Campos E. J., i in.: Arq. Esc. Vet., 28, 147—152, 1976.
4. Cowey C. B. i in.: Br. J. Nutr., 38, 127—135, 1977.
5. Dąbrowska H., Grudniewski Cz., Dąbrowski K.: Progr. Fish Cult., 41 2; 196—200, 1979.
6. Dąbrowski K.: Aquaculture, 12, 63—73, 1977.
7. Dąbrowski K.: A review. Pol. Arch. Hydrobiol., 26, 135—158, 1979.
8. Dąbrowski K., Dąbrowska H.: Gosp. Rybna, 4, 20—21, 1978.
9. Dąbrowski K., Glogowski J.: Hydrobiologia, 52, 171—174, 1977.
10. Dąbrowski K., Kozak B.: Aquaculture, 18; 107—114.
11. Dąbrowski K., Wojno T.: Zesz. Nauk. ART Olsz., 7, 101—120, 1978.
12. Dąbrowski K., Dąbrowska H., Grudniewski Cz.: Aquaculture, 13, 257—264, 1978.
13. Dąbrowski K. i in.: Aquaculture 20, 21, 213—232, 1980.
14. Davis A. T., Stickney R. R.: Trans. Am. Fish. Soc., 107, 479—483, 1978.
15. Fischer Z.: Pol. Arch. Hydrobiol., 24, 203—214, 1977.
16. Gas N., Noaillic-Depeyre J.: J. Ultrastructure Res., 56, 137—151, 1976.
17. Ghittino P., Viglani E., Belleza P.: Riv. It. Piscic. Ittiop, 7, 3—5, 1977.
18. Ishihara T., Yasuda M.: Bull. Jap. Soc. Scien. Fish., 40, 671—674, 1974.
19. Iwai T.: Arch. histol. Japon., 30, 183—199, 1969.
20. Kafuku L.: Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 27, 1—20, 1977.
21. Kaushik S.: Application of a biochemical method for estimation of amino acid needs in fish: Quantitative arginine requirements of rainbow trout in different salinities. Symposium on Finfish Nutrition and Feed Technology, EIFAC, Hamburg, 1978.
22. Kawai S., Ikeda S.: Bull. Jap. Soc. Scien. Fish., 39, 819—823, 1973.
23. Kawai S., Ikeda S.: Bull. Jap. Soc. Scien. Fish., 39, 877—881, 1973.
24. Kielanowski J.: Koszt produkcji białka jadalnego w różnych pokarmach pochodzenia zwierzęcego. Konferencja nt: Postęp naukowo-techniczny a intensyfikacja produkcji białka. Katowice, marzec 1978.
25. Kłębukowska Z.: Zesz. Nauk. WSR Olsz., 14, 485—502, 1962.



26. Law A. T.: *Pertanika*, 1, 51—54, 1978.
27. Levis W. M., i in.: *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 92—99, 1978.
28. Lovell R. T.: *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 617—621, 1978.
29. Lovell R. T., Lim C.: *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 321—325, 1978.
30. Nijkamp J. H., van Es A. J. H., Huisman E. A.: Retention of nitrogen, fat ash, carbon and energy in growing chickens and carp. Energy metabolism of farm animals. University of Hohenheim, W. Germany, 1974.
31. Ogino Ch., Yang G. Y.: *Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 44, 1015—1018, 1978.
32. Ogino Ch., Chiou J. Y. Takeuchi T.: *Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 42, 214—218, 1976.
33. Pitcher T. J.: *Environmental Conservation*, 4, 59—65, 1977.
34. Reinitz G. i in.: *Feedstuffs*, 50, 23—24, 1978.
35. Sakamoto S., Yone Y.: *Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 44, 1157—1160, 1978.
36. Sato M. i in.: *Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 44, 1151—1156, 1978.
37. Sivokiene J. i in.: *Trudy Akad. Nauk Lit. SSR, Ser. B*, 60, 111—118, 1972.
38. Sivokiene J., Jankevicius K., Lubianskene V.: *Trudy Akad. Nauk Lit. SSR, Ser. B*, 70, 91—95, 1975.
39. Smith R. R.: *Salmonid*, Nov./Dec., 8—11, 18, 1977.
40. Smith R. R., G. L., Scott M. L.: *J. Nutr.*, 108, 1017—1024, 1978.
41. Smith R. R., Rumsay G. L., Scott M. L.: *J. Nutr.*, 108, 1025—1032, 1978.
42. Stroband H., Dąbrowski K.: *Problemes lies a l'alimentation des larves de poissons d'eau douce*. CNERNA, France (w druku).
43. Tacon A. G. J., Ferns P. N.: *Nutr. Rep. Int.*, 13, 549—562, 1976.
44. Takeuchi T., Watanabe T.: *Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 42, 907—919, 1976.
45. Tiews K. i in.: *Compilation of fish meal free diets obtained in rainbow trout (Salmo gairdneri) feeding experiments at Hamburg (1970—1977/1978)*. Symposium on Finfish Nutrition and Feed Technology, EIFAC, Hamburg, 1978.
46. Watanabe T., Takeuchi T., Ogino Ch.: *Bull. Jap. Soc. Scien. Fish.*, 44, 729—732, 1978.
47. Yurkowski M. i in.: *J. Fish. Res. Board Can.*, 35, 951—962, 1978.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LEŚNE

POLECA KSIĄŻKĘ

DR KAZIMIERZ MYNETT

LILIE

WARSZAWA 1981, S. 171, NAKŁAD 10 000 EGZ., ZŁ 40,-

Książka jest drugim wydaniem, w którym Autor rozszerzył wiadomości dotyczące towarowej produkcji lili i pędzenia ich kwiatów. We wstępnej części Autor zapoznaje czytelnika z systematyką lili, klasyfikacją ogrodniczą a następnie podaje charakterystykę odmian (opisuje 83 odmiany). Następnie omówiono sposoby rozmnażania lili: generatywne i wegetatywne podkreślając cechy do doatnie i ujemne przy stosowaniu ich w praktyce.

W dalszej części Autor omawia zasady uprawy. Podaje wymagania klimatyczne, glebowe, sposoby sadzenia cebul i nawożenie. Dalej Autor podaje zabiegi pielęgnacyjne w czasie uprawy lili takie jak: ściółkowanie zagonów, nawadnianie, odchwaszczanie. Następnymi czynnościami przy uprawie lili są zabiegi związane z wykopywaniem cebul, czyszczeniem i sortowaniem a następnie przechowywaniem cebul.

Ponieważ coraz bardziej wzrasta zainteresowanie uprawą lili w miesiącach grudzień-luty Autor omawia w dalszej części swej książki pędzenie lili (przygotowanie cebul, pędzenie na kwiat cięty i jako roślin doniczkowych).

Dalsza część książki przeznaczona jest ochronie przed chorobami i szkodnikami lili. Autor omawia najważniejsze choroby i szkodniki występujące w uprawie lili i podaje sposoby ich zapobiegania oraz zwalczania.

Na zakończenie Autor podaje najważniejsze czynności przy uprawie amatorskiej lili. Barwny materiał ilustracyjny ułatwi czytelnikowi korzystanie z książki.

Książka przeznaczona jest dla producentów oraz amatorów uprawy lili.