

Żywnienie! Przyszłość Akwakultury



Przyszłość Akwakultury Warlity Wielkie 16-18.06.2026

Jacek Sadowski



Fundusze Europejskie
dla Rybactwa



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny



**KATEDRA
BIOINŻYNIERII
ŚRODOWISKA
WODNEGO
I AKWAKULTURY**

Żywnienie w akwakulturze oznacza dostarczanie rybom i skorupiakom paszy wyprodukowanej poza środowiskiem wodnym

Celem żywienia jest zamiana małowartościowych substancji pokarmowych pasz na wysokowartościowe mięso

Wprowadzenie żywienia sprzyja lepszemu wyjadaniu przez ryby i skorupiaki pokarmu naturalnego w stawie poprzez zwiększenie obsad w stawach i zwiększenie wyżerowania pokarmu – krzywa Nordqvista

Żywnienie jest najważniejszym zabiegiem hodowlanym. Równocześnie jest to zabieg wymagający największego nakładu kapitału. Koszty żywienia często przekraczają 60% kosztów całkowitych produkcji

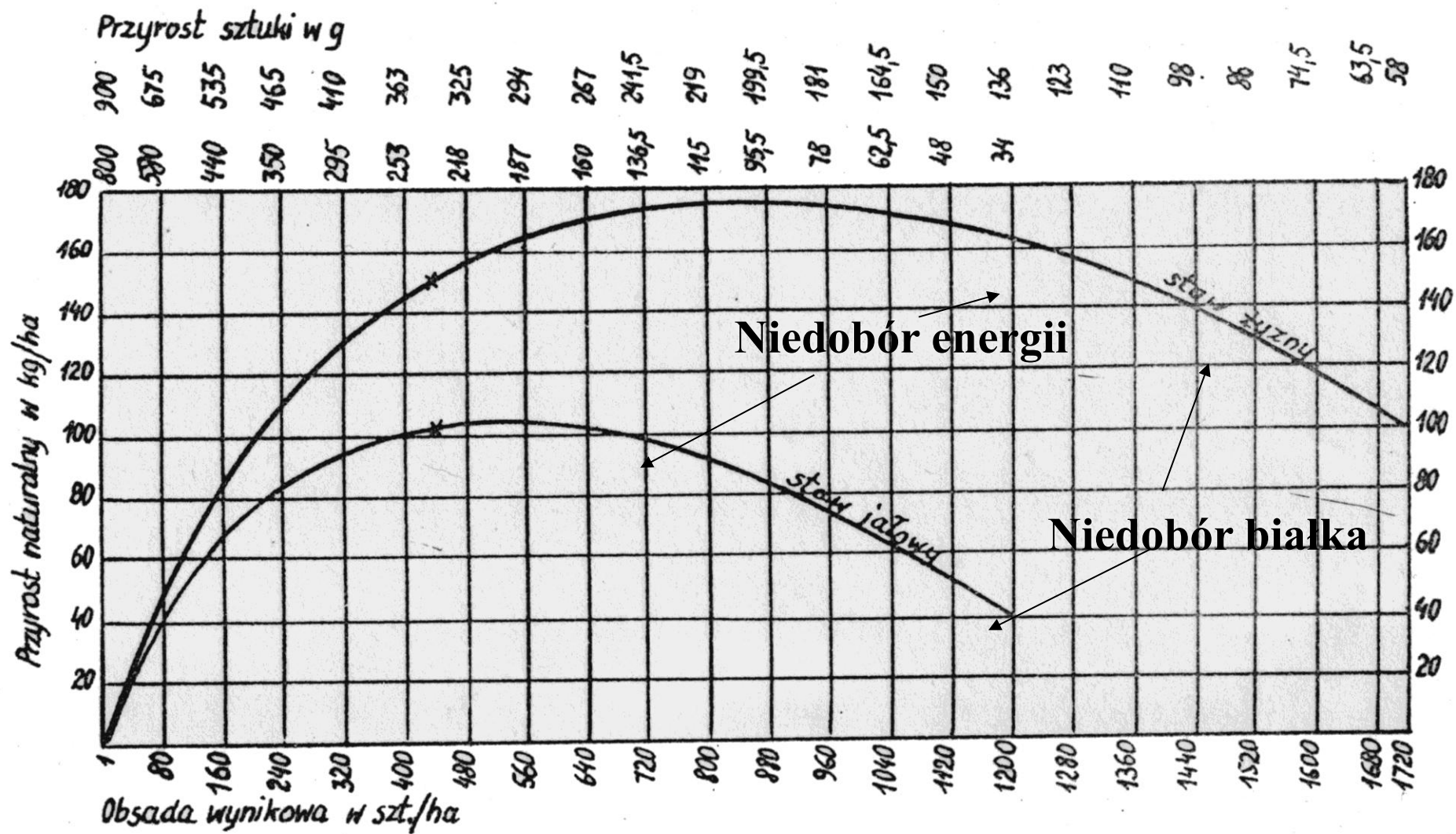
Żywienie w ziemnych stawach karpiowych



<https://ap-system.net.pl/>

Uwzględniając poziom intensyfikacji produkcji karpi w stawach, ich chów może być prowadzony metodą:

- **ekstensywną** – na pokarmie naturalnym – z nawożeniem stawów lub bez
- **półintensywną** (semi-) – z dokarmianiem paszami zbożowymi
- **intensywną** – z żywieniem upostaciowanymi, pełnowartościowymi (pełnoporcjowymi) paszami przemysłowymi (granulaty, ekstruderaty)



Rys. 3. Krzywa Nordqvista dla K_{1-2} w stawach żyznych i jałowych

kg/ha

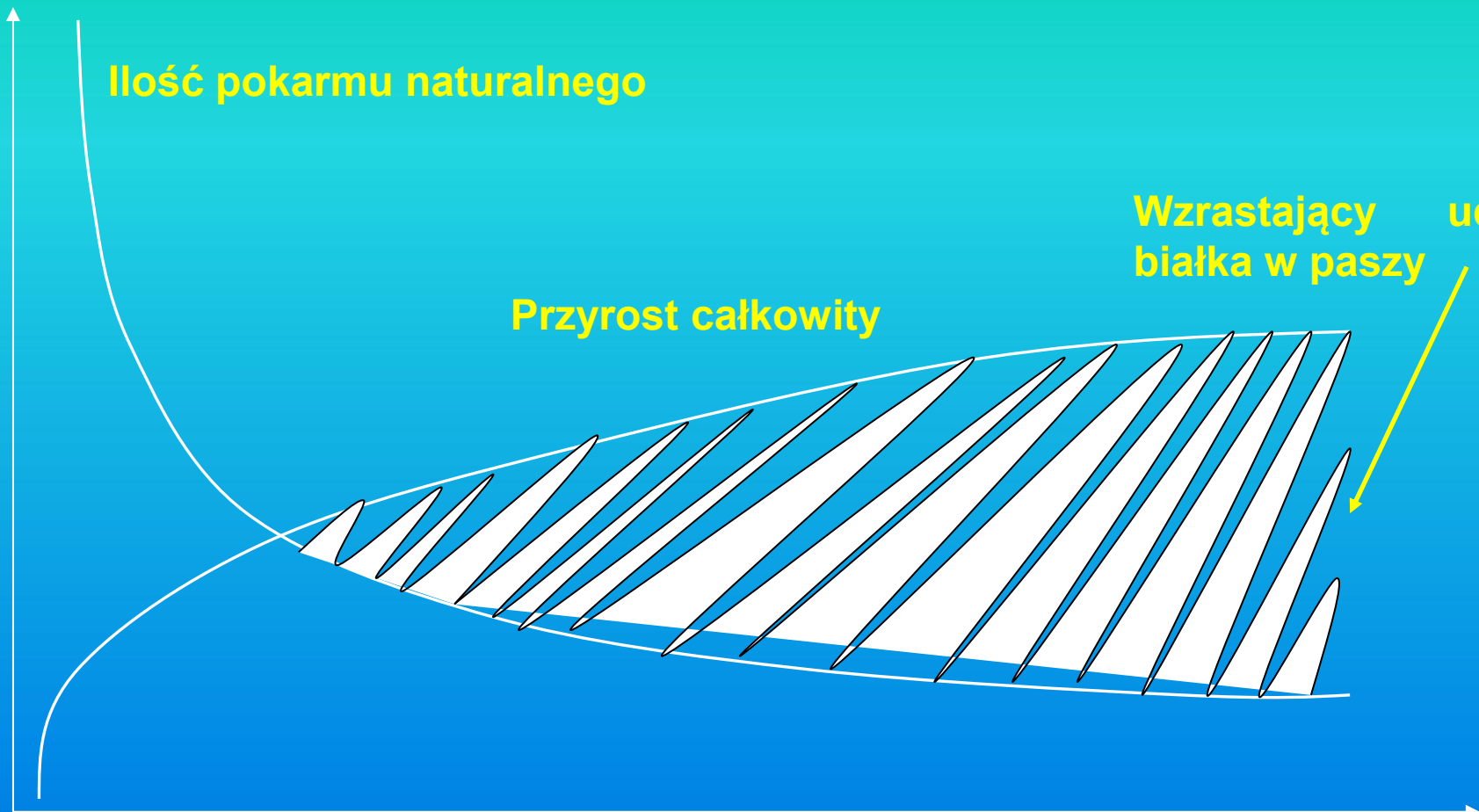
Ilość pokarmu naturalnego

Przyrost całkowity

Wzrastający udział białka w paszy

Wielkość odłowy

Zależność pomiędzy wielkością odłowy, ilością pokarmu naturalnego, przyrostu całkowitego i zapotrzebowania na białko paszowe



FCR

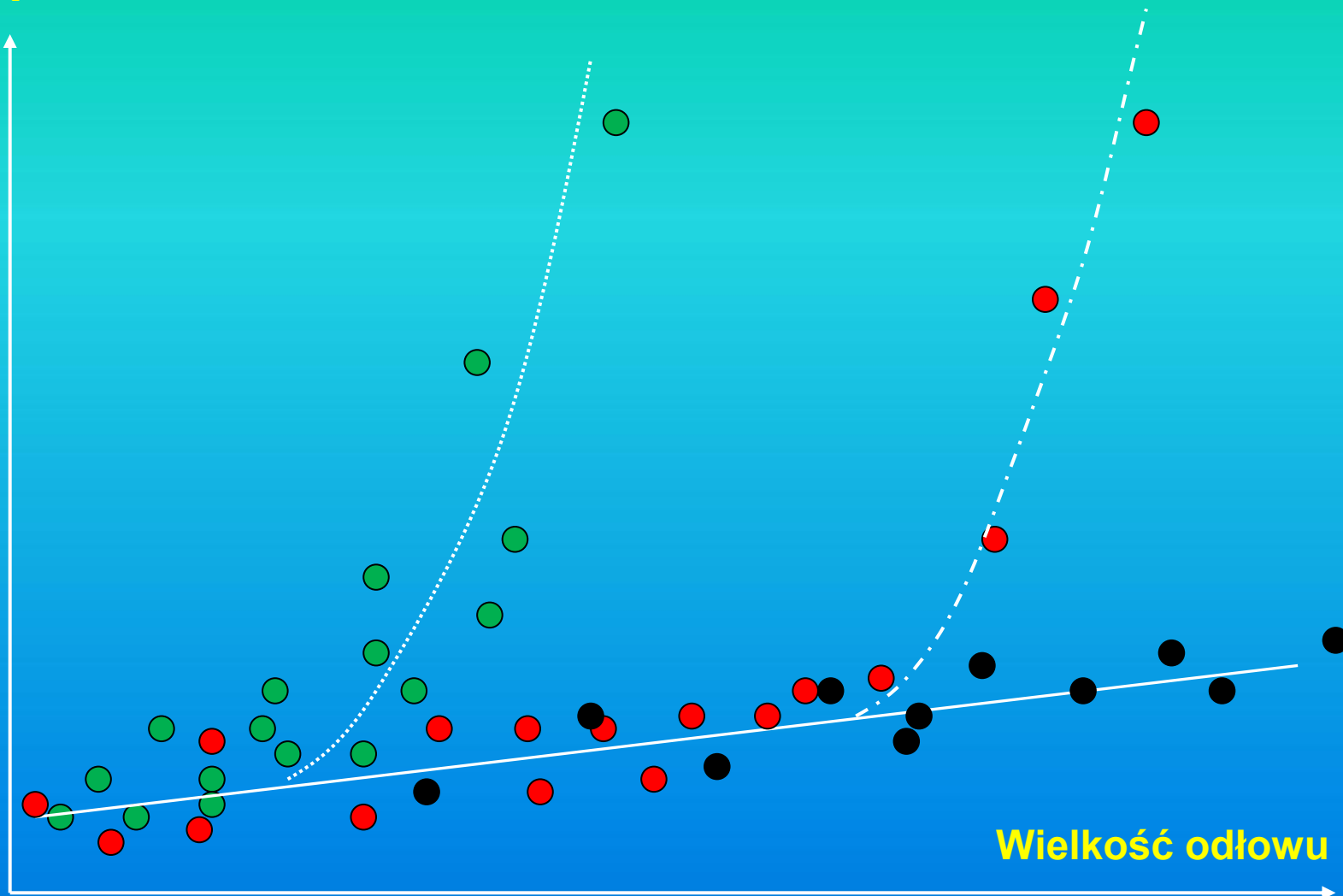
Wielkość odłowa

Zależność FCR (współczynnika pokarmowego) od wielkości odłowa w zależności od rodzaju paszy:

zielone koła – sorgo (9% białka)

czzerwone koła – pelet zawierający 25% białka

czarne koła – pelet zawierający 35% białka



Cod Eggs (*Gadus morhua*) close to hatching



Żywienie stadiów larwalnych ryb

„Żywieniowe okresy rozwoju larw i narybku”

1. Okres odżywiania endogennego – resorpcji woreczka żółtkowego – najczęściej trwa do zresorbowania 2/3 woreczka i napętnienia pęcherza pławnego
2. Okres odżywiania się pokarmem naturalnym – w zależności od gatunku trwa od 0 do kilkudziesięciu dni
3. Okres „odsadzania od piersi” (weaning period) – czas przechodzenia z pokarmu naturalnego na pasze sztuczne. W tym czasie ryby odżywiają się zarówno pokarmem naturalnym jak i paszą
4. Okres wyłącznego odżywiania się paszą

Podział pod względem fizjologii trawienia larw na grupy:

1. Larwy gatunków mających od momentu wyklucia żołądek i kompletny zestaw enzymów trawiennych (łososiowate z rodzaju *Salmo* i *Oncorhynchus*)
2. Larwy gatunków, u których żołądek formuje się w trakcie rozwoju larwalnego, a zestaw enzymów trawiennych jest początkowo niekompletny (większość ryb kostnoszkieletowych, m. in. siejowate, szczupakowate, sumikowate, okoniowate)
3. Larwy ryb bezzołądkowych, u których narząd ten nie pojawia się nigdy, a zespół enzymów trawiennych jest na początku okresu larwalnego szczególnie ubogi (karpowate)

[Dąbrowski 1984]

Pokarm naturalny

- 1. Rotifera - wrotki**
- 2. Artemia salina - solowiec**
- 3. Cyclop-eeze® - widłonogi**

Wrotki - Rotifera

W marikulturze najczęściej hodowany jest *Branchionus plicatilis*, który rozmnaża się partenogenetycznie a tylko w sytuacji stresowej pojawia się rozmnażanie płciowe.

Wielkość wrotka wynosi od 120 – 250 μm . W akwakulturze stosowane są dwie linie. Pierwsza to tzw. Large L (o masie 0.33 μg /wrotka), druga tzw. Small S (o masie 0.22 μg /wrotka). Najszybciej wrotki rosną w zasoleniu 10-20 ppt i oświetleniu 2000-5000 lux, przy pH 7.5-8.5. Wrotki są produkowane w systemie ciągłym, półciągłym lub partiami. Przeciętna wielkość produkcji to 500 szt./ml. Najczęściej wrotki karmi się glonami: *Nannochloropsis oculata* i *Tetraselmis* spp. lub kombinacją tych glonów z okrzemkami. Dodatkowo stosowane są drożdże lub specjalnie przygotowane pasze dla wrotków, np. Rocult czy Selco.

W akwakulturze śródlądowej wykorzystuje się następujące gatunki wrotków *Brachionus calyciflorus* i *Brachionus rubens*. Procedury są takie same jak w przypadku wrotków morskich.

NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA BIAŁKA I TŁUSZCZU W ŻYWIENIU RYB

Białka owadzie (PAP) – mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*), czarny żołnierz (*Hermetia illucens*)

Mączki z owadów (*Processed Animal Proteins – PAP*) charakteryzują się wysoką koncentracją białka (55-65%) oraz korzystnym profilem aminokwasowym. Jednak wdrożenie komercyjne tych komponentów ujawnia istotne różnice w reakcji behawioralnej i smakowej poszczególnych grup ryb.



Białka jednokomórkowe (SCP – Single Cell Protein)

Białka jednokomórkowe uzyskiwane w procesach zaawansowanej fermentacji przemysłowej stanowią całkowicie stabilne i powtarzalne źródło składników odżywczych, niezależne od czynników klimatycznych i rolniczych.

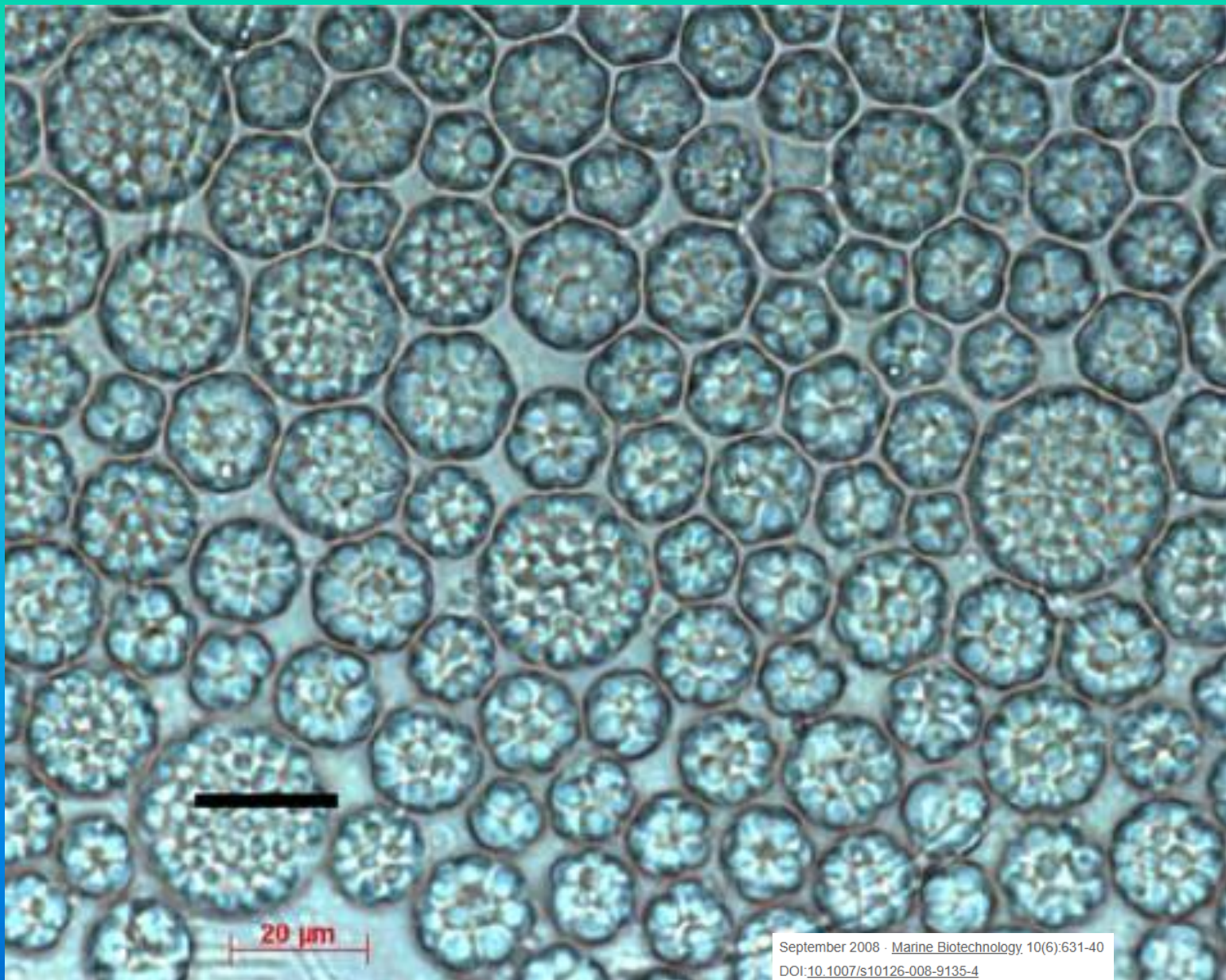
- **Białka bakteryjne (np. *Methylococcus capsulatus*):** Biomasa produkowana w bioreaktorach z wykorzystaniem metanu jako źródła węgla i energii. Produkt końcowy zawiera **ponad 70% czystego białka** o doskonałej strawności, pozbawionego czynników antyżywniowych (ANFs). Nie wywołuje stanów zapalnych jelit i pozwala uzyskać zwartą, ciężką strukturę kału ryb w RAS, co ułatwia filtrację mechaniczną i zapobiega kolmatacji (zatykaniu).

- **Drożdże funkcjonalne (np. *Cyberlindnera jadinii*, *Saccharomyces cerevisiae*):** Charakteryzują się zawartością **białka na poziomie 50-60%**. Ich kluczową zaletą jest obecność w ścianie komórkowej **beta-glukanów** oraz mannooligosacharydów (MOS). Związki te działają jako silne stymulatory nieswoistej odporności ryb, wiążą toksyny bakteryjne w świetle jelita i poprawiają strukturę kosmków jelitowych po okresach skarmiania paszami roślinnymi.

Mikroglony – substytucja oleju rybnego i źródło kwasów LC-PUFA

Podczas gdy substytucja białka jest relatywnie prosta, zastąpienie oleju rybnego (FO) jako źródła niezbędnych kwasów nienasyconych Omega-3 (EPA i DHA) stanowiło największe wyzwanie inżynierii paszowej. Rozwiązaniem okazało się pominięcie ryb w łańcuchu troficznym i bezpośrednia hodowla mikroalg.

Olej pozyskiwany z heterotroficznych mikroalg z rodzaju ***Schizochytrium sp.*** charakteryzuje się ekstremalnie wysoką koncentracją kwasu dokozaheksaenowego (DHA), często przekraczającą 30% całkowitej puli kwasów tłuszczowych. Zastosowanie tego komponentu pozwala na całkowitą eliminację oleju rybnego z receptury paszowej, przy jednoczesnym zachowaniu wysokich parametrów prozdrowotnych i dietetycznych mięsa ryb (odpowiedni profil lipidowy filetu dla konsumenta końcowego).



September 2008 · *Marine Biotechnology*, 10(6):631-40
DOI:10.1007/s10126-008-9135-4

Dzieląca się kolonia *Schizochytrium*

PRODUKCJA SCHIZOCHYTRIUM SP. | LINIA TECHNOLOGICZNA



1. PRZYGOTOWANIE MEDIÓW I INOKULUM

Sterylizacja termiczna HTST podłoża węglowo-azotowego oraz aktywacja czystej kultury szczepu z banku komórek.

Stosunek C:N 15:1
Izolacja sterylna

2. KASKADOWE SKALOWANIE OBJĘTOŚCI (SEED TRAIN)

Sukcesywne namnażanie biomasy w bioreaktorach pasażowych o rosnącej skali w celu osiągnięcia gęstości krytycznej.

Skalowanie: 100L → 5m³
Faza logarytmiczna

3. FERMENTACJA WŁAŚCIWA I LIPOGENEZA

Dwuetapowy proces: tlenowa budowa biomasy, a następnie wywołanie stresu azotowego przy nadmiarze węgla w celu akumulacji DHA.

Bioreaktory >200m³
Czas: 72–96h

4. SEPARACJA I DOWNSTREAM PROCESSING

Odwirowanie brzojki na wirówkach talerzowych, liza enzymatyczna oraz mechaniczne rozrywanie sztywnych ścian komórkowych.

Koncentracja biomasy
Homogenizacja

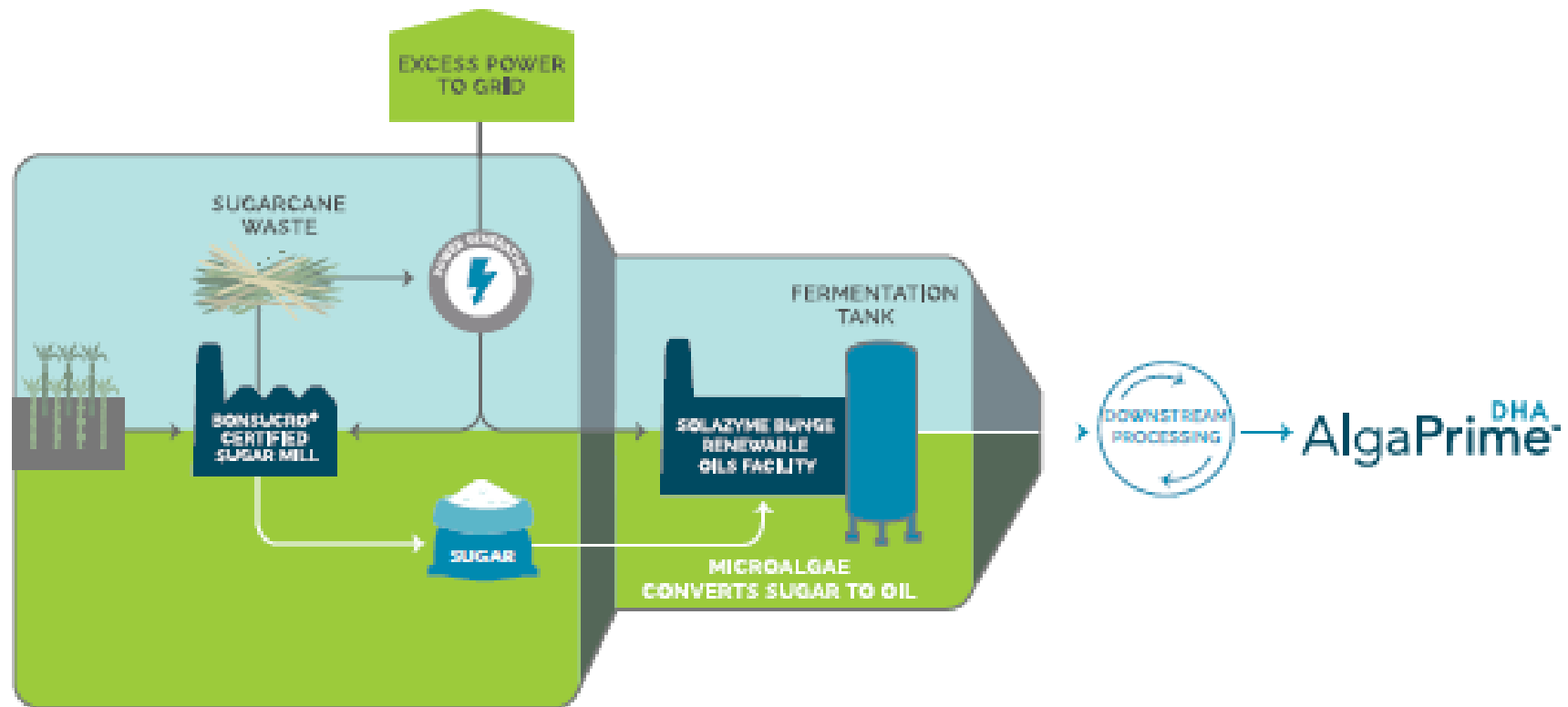
PEŁNA BIOMASA (WHOLE-CELL)

Dehydratacja w wieżach suszarniczych (Mączka bogata w DHA)

CZYSTY OLEJ DHA

Ekstrakcja trójfazowa oraz pełna rafinacja próżniowa tłuszczu

Schemat linii produkcyjnej produktu AlgaPrime^{DHA}



Standardowy skład chemiczny AlgaPrime.com

TYPICAL NUTRITIONAL PROFILE:

DHA CONTENT ON A DRY WEIGHT BASIS: 280mg/g

Proximate Profile		Amino Acid Profile		Fatty Acid Profile	
	(%)		(g/100g)		(% of Fat)
Moisture	2	Methionine	0.4	C16:0 (Palmitic)	30
Protein (crude)	9	Cystine	0.2	C18:0 (Stearic)	1
Ash	6	Lysine	0.4	C22:5 n6 (DPA)	16
Total Carbohydrates	21	Threonine	0.5	C22:6 n3 (DHA)	48
Fat	60	Tryptophan	0.1		
Fiber (crude)	2				

©2016, TerraVia Holdings, Inc.
TerraVia and its logo are trademarks of TerraVia Holdings, Inc.
Bunge and its logo are registered trademarks of Bunge, Ltd.

Contact us at Contact@AlgaPrime.com • Visit us at AlgaPrime.com



Krew spożywcza stabilizowana
serwatka
żółć
ekstrakt drożdżowy

- 50% masowych
- 45% masowych
- 2% masowych
- 3% masowych

Opis patentowy 132066

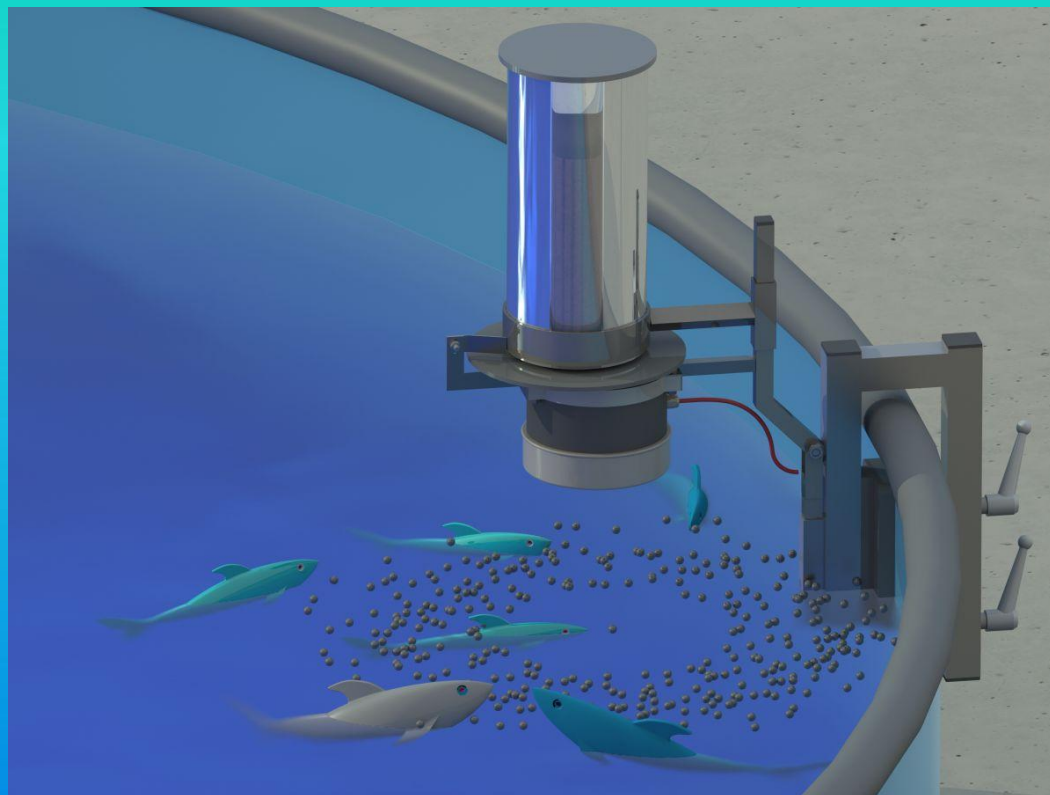
Kompozycja ekstraktów przypraw spożywczych do smaku.

Krew spożywczą stabilizowaną miesza się z żółcią i serwatką, w której uprzednio rozpuszcza się ekstrakt drożdżowy oraz dodaje kompozycję ekstraktów przypraw spożywczych do smaku i wlewa się do osłonek wędliniarskich o średnicy 22 mm, regulując ich długość przez przewiązanie osłonki sznurkiem co 20–25 cm.

Tak przygotowane wypełnione osłonki pozostawia się do czasu wytworzenia się żeloskrzepu surowego.

Po wytworzeniu się żeloskrzepu w osłonkach, który uzyskał kształt parówek, poddaje się obróbce termicznej w wodzie o temperaturze 353 K przez 20 minut.

Żywienie w systemach zamkniętych



<https://www.ace4all.com/feeding-system>

W systemach recyrkulacji wody (RAS) pasza nie jest po prostu pokarmem dla ryb – jest elementem całego układu inżynieryjnego. Każda niedoskonałość paszy błyskawicznie uderza w biofiltr, zużywa tlen i drastycznie pogarsza parametry wody. To dlatego w RAS nie ma miejsca na tradycyjne pasze gospodarskie, a stosuje się wyłącznie wysoko wyspecjalizowane ekstruderaty, najlepiej dedykowane dla systemów RAS

Dobra pasza do systemów zamkniętych musi spełniać surowe kryteria fizyczne, chemiczne i biologiczne:

1. Cechy fizyczne (Inżynieria granulatu)

- Wysoka stabilność wodna (hydrostabilność):** Granulat musi zachować spójność strukturalną w wodzie przez określony czas (zazwyczaj minimum kilkanaście-kilkadziesiąt minut), nie rozpadając się na pył. Pasza, która „rozpływa się” przed zjedzeniem, natychmiast obciąża filtry mechaniczne (mikrosita) i rozpuszcza się w wodzie jako drobna zawiesina (TSS).

- Minimalna zawartość pyłu:** Pasza dedykowana do RAS przechodzi rygorystyczny proces odpylania w fabryce i musi być odporna na kruszenie w transporcie i podajnikach. Pył paszowy jest zabójczy dla skrzelii ryb i natychmiast zapycha pory w biofiltrze, promując rozwój bakterii heterotroficznych kosztem nitryfikacyjnych.

- Kontrolowana pływalność (pływająca lub wolnotonąca):** Musi być idealnie dopasowana do gatunku i dynamiki wody w zbiorniku. W RAS kluczowe jest, aby ryby przechwyciły 100% paszy w toni wodnej lub z powierzchni – granulat, który spadnie na dno i ugrzęźnie w martwych strefach, natychmiast zacznie gnić.

2. Cechy chemiczne i odżywcze (Wysoka strawność)

- **Ekstremalnie wysoka strawność energii i białka:** Pasza musi być maksymalnie przyswajalna (często oparta na wysokiej jakości mączkach rybnych i koncentratach białkowych), aby ryba wydalała jak najmniej kału. Każdy punkt FCR w dół to mniejsze obciążenie dla filtrów.
- **Zbalansowany profil aminokwasowy (ograniczenie azotu):** Poziom białka i aminokwasów egzogennych musi być tak dobrany, aby ryba maksymalnie wykorzystywała je do budowy mięśni (retencja azotu), a jak najmniej metabolizowała na energię. Nadmiar niewykorzystanego białka jest wydalany przez skrzela w postaci toksycznego amoniaku (NH_4^+ / NH_3), który musi przetworzyć biofiltr.
- **Niska zawartość i wysoka przyswajalność fosforu:** Fosfor jest głównym czynnikiem stymulującym rozwój glonów i tzw. "kożucha" bakteryjnego w systemie. Pasze do RAS mają ściśle kontrolowany poziom fosforu, często z dodatkiem fitazy, aby ryba przyswajała go z paszy, zamiast wydalać do wody.

3. Cechy kału (Klucz do filtracji mechanicznej)

To parametr często ważniejszy niż sam skład chemiczny paszy. Do RAS stosuje się specjalne komponenty i spoiwa kałotwórcze:

- **Zwiężłość odchodów (efekt kału nitkowatego):** Pasza musi być tak skomponowana, aby odchody ryb tworzyły długie, zwarte, elastyczne "nitki" lub grube grudki, które nie rozpadają się pod wpływem turbulencji wody.
- **Łatwość separacji:** Zwarte odchody dają się łatwo i szybko usunąć na mikrosicie lub w osadniku radialnym. Jeśli kał rozbije się na mikrocząsteczki, przejdzie przez sita, przejdzie przez biofiltr i drastycznie pogorszy klarowność wody, wymuszając nadmierne użycie ozonu lub polimerów.



<https://gemini.google.com/>

Dziękuję za uwagę