

Wykorzystanie produktów ubocznych przetwarzania łososi



Wykorzystanie produktów ubocznych przetwarzania łososi

pod redakcją
Joanny Szlinder-Richert
i
Andrzeja Dowgiałło



Gdynia 2026

Tytuł:
Wykorzystanie produktów ubocznych przetwarzania łososi

Monografia powstała na podstawie wyników badań wykonanych w MIR-PIB w ramach projektu innowacyjnego nr 00001-61724-OR0200001/10 pt. „Innowacyjne technologie pozyskiwania wartościowych produktów rynkowych z odpadowych surowców rybnych” finansowanego przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa.

Członkowie zespołu badawczego:

prof. dr hab. inż. Andrzej Dowgiałło, mgr inż. Jolanta Hillar-Walczak, Krystyna Igras-Zielińska,
mgr inż. Dorota Janiszewska, mgr inż. Kazimierz Kołodziej, mgr inż. Wiktor Kołodziejski,
dr inż. Mariusz Kosmowski, mgr inż. Kamila Kozieł, dr inż. Bogusław Pawlikowski,
mgr inż. Michał Sikora, dr inż. Olga Szulecka

Redaktor naukowy:
dr hab. inż. Joanna Szlinder-Richert
prof. dr hab. inż. Andrzej Dowgiałło

Redaktor techniczny:
dr inż. Mariusz Kosmowski

Recenzenci:
prof. dr hab. Krzysztof Formicki
dr hab. inż. Zygmunt Usydus

Korekta:
Anna Ochman

Licencja:



Publikacja jest zamieszczona na stronie www.mir.gdynia.pl na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska. Pewne prawa zastrzeżone na rzecz autorów. Zezwala się na wykorzystanie publikacji zgodnie z licencją – pod warunkiem zachowania niniejszej informacji licencyjnej oraz wskazania autorów jako właścicieli praw do tekstu.

Treść licencji jest dostępna na stronie <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/pl>

© Copyright by Morski Instytut Rybacki - Państwowy Instytut Badawczy

Wydawca:
Morski Instytut Rybacki - Państwowy Instytut Badawczy
ul. Kołłątaja 1
81-332 Gdynia
www.mir.gdynia.pl

Projekt graficzny, skład, druk i oprawa:
Argrafpol sp. z o.o.
ul. Żmudzka 21, 51-354 Wrocław
www.argrafpol.pl

nr ISBN online 978-83-61650-42-3
nr ISBN hard copy 978-83-61650-40-9

Gdynia, 2026

Spis treści

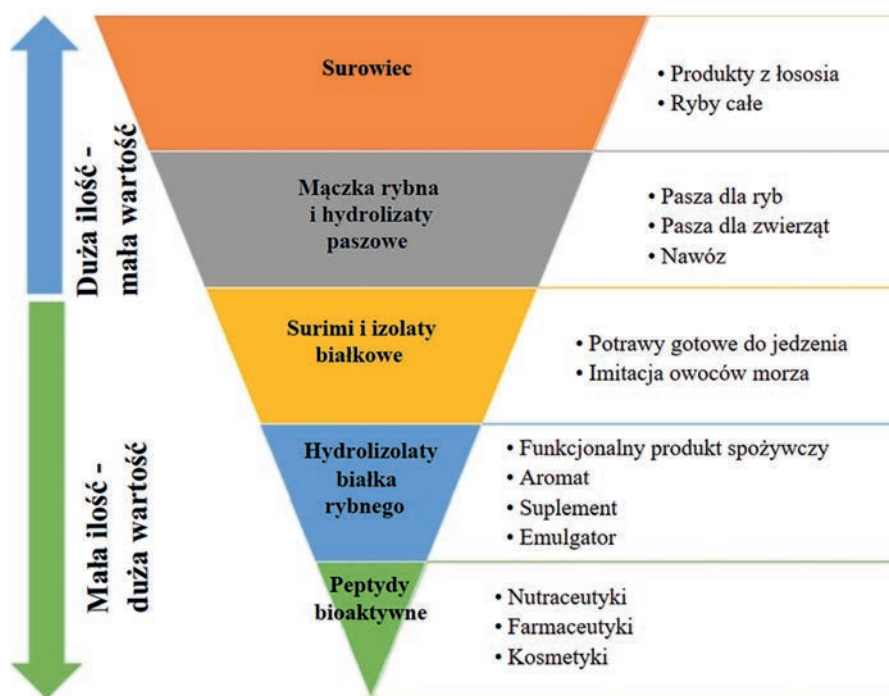
1. Wstęp	5
2. Produkty uboczne powstające w procesach przetwarzania łososi	7
2.1. Analiza ilościowa procesu obróbki	8
2.2. Analiza jakościowa produktów ubocznych	13
2.2.1. Materiał i metody	13
2.2.2. Badania mikrobiologiczne	13
2.2.3. Badania chemiczne	15
2.2.3.1. Podstawowy skład chemiczny badanych produktów ubocznych	16
2.2.3.2. Charakterystyka chemiczna surowców odzyskiwanych z badanych produktów ubocznych	22
2.2.3.3. Zawartość mikro- i makroelementów w tkance kostnej kręgosłupów i głów	30
2.3. Wnioski z analizy jakościowej produktów ubocznych	32
3. Kryteria i wymogi jakościowe produktów ubocznych z łososi pod względem przydatności technologicznej na produkty żywnościowe, suplementy diety oraz produkty paszowe i techniczne	33
3.1. Kryteria formalne zawarte w wymaganiach prawa krajowego i obowiązującego w Unii Europejskiej w zakresie wykorzystywania określonych produktów rybołówstwa na cele żywnościowe i inne przewidziane w projekcie	33
3.2. Kryteria zawarte w wymaganiach dobrowolnych norm i standardów w zakresie oceny świeżości łososi hodowlanych na cele żywnościowe i inne, przewidziane w projekcie	38
3.3. Kryteria i wymagania jakościowe produktów ubocznych z łososi uwzględniające wyniki badań trwałościowych	41
3.4. Wytyczne praktyczne w zakresie odbioru produktów ubocznych z przeznaczeniem do dalszego przetwórstwa	43
4. Możliwości wykorzystywania mięsa odzyskiwanego w procesach przetwarzania łososi	45
4.1. Wyroby formowane smażone i mrożone	47
4.1.1. Fishburgery	47
4.2. Produkty sterylizowane	57
4.2.1. Pulpety	57
4.2.2. Pasztety	65
4.3. Produkty wędzone parzone	68

5. Otrzymywanie oleju z produktów ubocznych	73
5.1. Oleje z kręgosłupów, głów i skór łososi otrzymane w warunkach laboratoryjnych	78
5.2. Oleje z kręgosłupów, głów i skór łososi otrzymane w warunkach przemysłowych	81
5.3. Założenia technologiczne procesu odzyskiwania oleju z produktów ubocznych przetwórstwa łososi w dużej skali	87
5.4. Założenia technologiczne procesu odzyskiwania oleju z produktów ubocznych przetwórstwa łososi w skali do 10 t/dobę	89
5.5. Oleje z łososia jako źródło witamin	92
6. Wykorzystanie skór po filetowaniu do produkcji żelatyny i kolagenu	93
6.1. Linia pilotażowa produkcji żelatyny	94
6.1.1. Oczyszczanie i rozdrabnianie skór	96
6.1.2. Hydroliza	98
6.1.3. Urządzenia linii do produkcji żelatyny	98
6.1.4. Charakterystyka żelatyny ze skór łososi	101
6.2. Linia pilotażowa produkcji kolagenu	103
6.2.1. Charakterystyka kolagenu ze skór łososi	106
7. Alternatywne wykorzystanie głów i kręgosłupów	111
8. Hydrolizaty rybne	119
8.1. Płynne paszowe hydrolizaty rybne	119
8.2. Suszone hydrolizaty rybne	122
9. Podsumowanie	125
Bibliografia	127

1. Wstęp

Podczas przetwarzania łososi na produkty handlowe takie jak filety, płaty czy tusze powstają produkty uboczne, które zarówno w Polsce, jak i na świecie (Ramakrishnan i in. 2024), są w zbyt małym stopniu wykorzystywane do wytwarzania produktów o wysokiej wartości dodanej. Najczęściej wykorzystywane są do produkcji mączki rybnej lub jako składnik karmy dla zwierząt futerkowych. Tymczasem, ze względu na ich skład (są doskonałym źródłem aktywnych biocząsteczek, takich jak białka i peptydy) produkty uboczne można wykorzystać w znacznie lepszy sposób do produkcji bioaktywnych peptydów, enzymów, hydroksyapatytu i minerałów (Dave & Routray 2018; Ghaly i in. 2013).

Ramakrishnan i inni (2024) przedstawili możliwości wykorzystania produktów ubocznych przetwórstwa łososi na produkty o wartości dodanej poczynając od mączki rybnej, a kończąc na bioaktywnych peptydach (rys. 1).



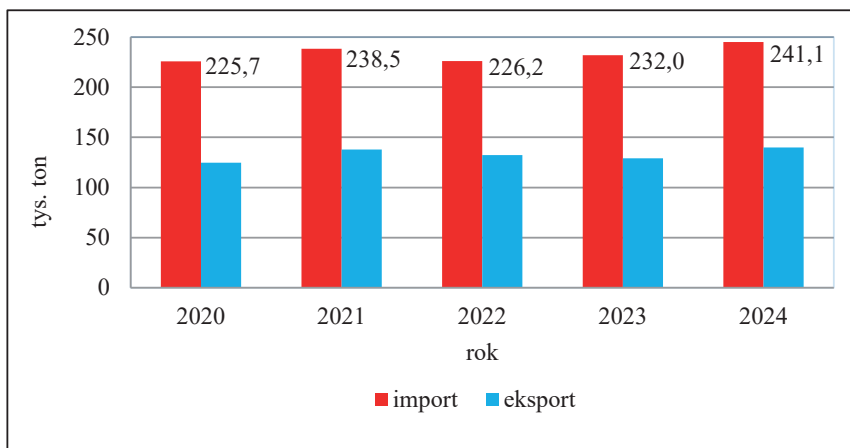
Rys. 1. Wykorzystanie produktów ubocznych przetwórstwa łososi na produkty o wartości dodanej (Ramakrishnan V.V. i in. 2024; tłumaczenie własne)

W Polsce, która jest liderem przetwórstwa łososi w Europie, istnieją surowcowe warunki sprzyjające opracowaniu racjonalniejszych sposobów wykorzystania produktów ubocznych z ich przetwórstwa, niż produkcja mączki rybnej lub przeznaczenie na karmę dla zwierząt futerkowych. Warunki takie powstały w wyniku wyspecjalizowania się największych przetwórców krajowych w produkcji plastrowatych wędzonych filetów bez

skóry, konfekcjonowanych w opakowaniach jednostkowych i zamykanych próżniowo, których zasadnicza część przeznaczona jest na eksport do krajów Unii Europejskiej, głównie na rynek niemiecki, a część trafia do krajowych sieci handlowych. Przy takim profilu produkcji wszystkie oddzielone od filetów części ciała ryby są produktami ubocznymi. Ich masa, przy polskiej skali przetwórstwa wynoszącej ponad 200 tysięcy ton, jest dużym rezerwuarem surowcowym wartym wykorzystania na inne produkty pochodne, w tym przeznaczone dla ludzi.

2. Produkty uboczne powstające w procesach przetwarzania łososi

Import łososi do Polski w 2024 roku wyniósł nieco ponad 241 tysięcy ton i był nieco większy niż w kilku poprzednich latach (rys. 2).



Rys. 2. Import łososi do Polski i eksport produktów z łososi w latach 2020-2024 (opracowano na podstawie: Hryszko K., 2022, 2023, 2024)

Importowane łososie w postaci ryb patroszonych z głowami (rys. 3) dostarczane są do Polski w stanie świeżym w lodzie bezpośrednio z hodowli w Norwegii transportem chłodniczym.



Rys. 3. Łosoś patroszony (fot. MIR-PIB)

W Norwegii żywe ryby poddawane są humanitarnemu ubojowi, z jednoczesnym odkrwawieniem ryb w basenach z zimną wodą. Ryby po odkrwawieniu są patroszone - wnętrzności z jamy brzusznej są dokładnie usuwane włącznie z przylegającą do kręgosłupa nerką. Po dokładnym umyciu są sortowane według masy na określone

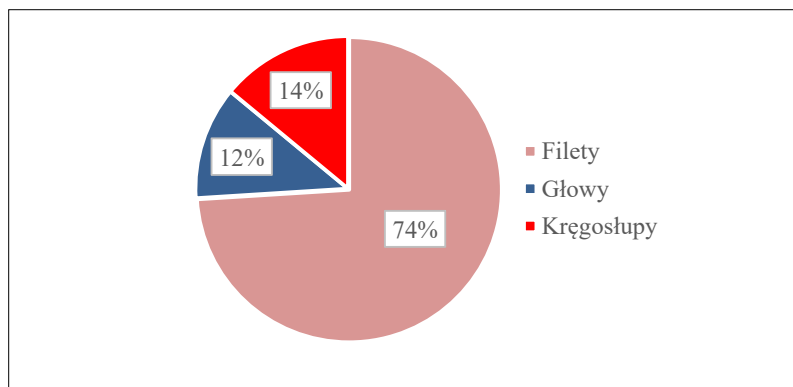
asortymenty wielkościowe i pakowane wraz z lodem łuskowym w pudła styropianowe o konstrukcji umożliwiającej odprowadzenie wody z topniejącego lodu do wkładki ją wchłaniającej. Wszystkie wymienione operacje, począwszy od uboju, wykonywane są w maksymalnie krótkim czasie, w kontrolowanych temperaturach chłodniczych. Takie postępowanie zapewnia odpowiednią czystość mikrobiologiczną surowca, gwarantuje bardzo dobrą jakość i świeżość ryb oraz długi okres trwałości surowca oczekującego na przerób. Deklarowany przez dostawcę okres trwałości świeżych łososi przygotowanych według opisanego postępowania i przechowywanych w warunkach chłodniczych w temperaturze nieprzekraczającej 4°C wynosi co najmniej 16 dob. Perfekcyjna organizacja zapewnia dostawę ryb do producenta w czasie do 48 godzin od momentu ich uboju. Specjalistyczny chłodniczy transport samochodowy jest wyposażony w system monitorowania i rejestracji temperatury.

Oprócz świeżych łososi patroszonych z głowami w mniejszych ilościach importowane są łososie mrożone, głównie łososie dzikie z połowów i pochodzące z hodowli pozaeuropejskich.

2.1. Analiza ilościowa procesu obróbki

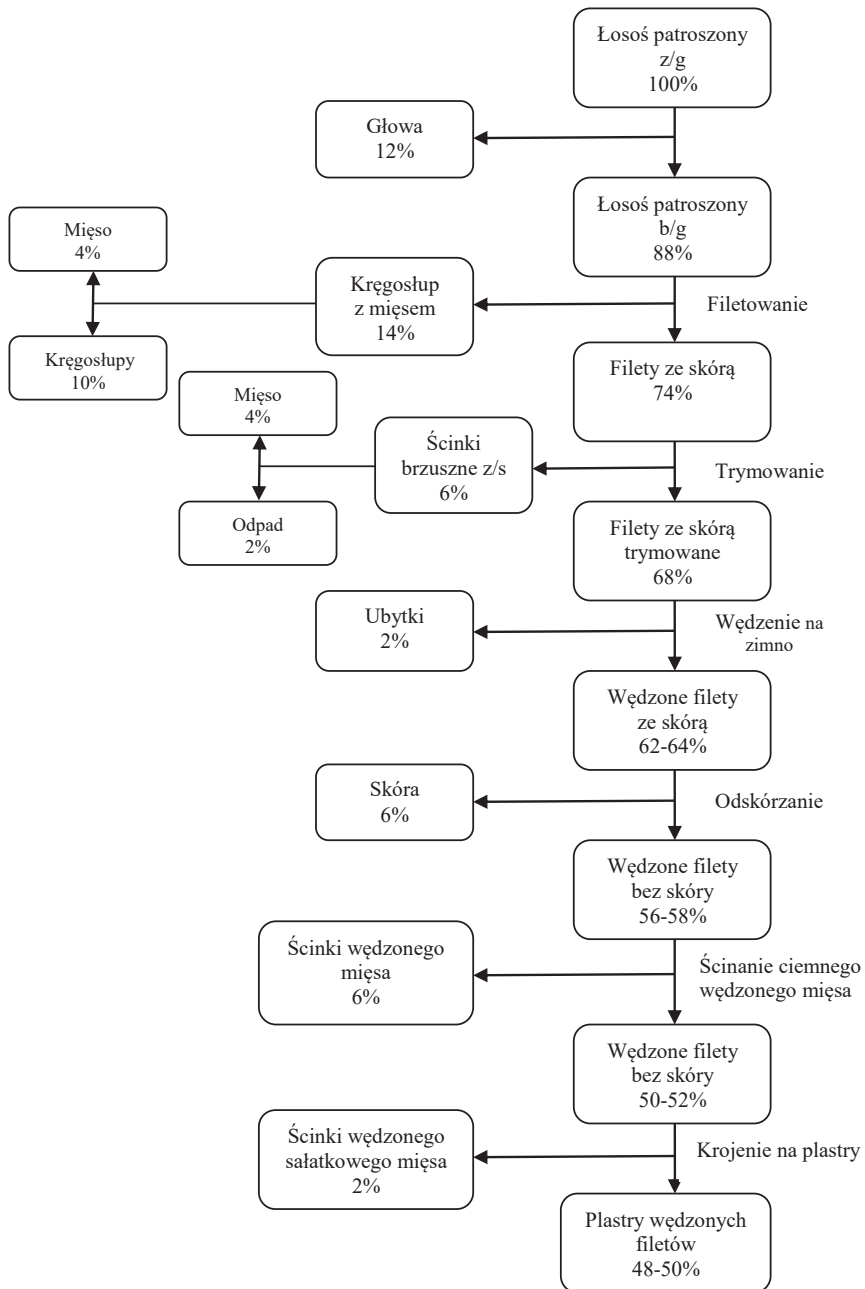
W Polsce procesy przetwarzania łososi realizowane są w dwóch wariantach technologicznych, różniących się umiejscowieniem operacji odkórzania filetów. W jednym wariantcie filety z łososi odkórzane są po ich uwędzeniu, a w drugim - surowe, przed procesem ich solenia i wędzenia.

Wyniki przeprowadzonego bilansu masowego obróbki wstępnej w warunkach przemysłowych pokazane są na rysunku 4.



Rys. 4. Bilans masowy obróbki wstępnej przetwarzania łososi

Filety przechodzą do następnych etapów procesu przetwarzania, natomiast pozostałe po filetowaniu głowy i kręgosłupy stanowią główne produkty uboczne obróbki. Schemat technologiczny przetwarzania łososi na plastry według wariantu pierwszego pokazany jest na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat technologiczny obróbki łосоsа patroszonego z głоwami do postaci wędzonych plastrów

Biorąc pod uwagę, że w 2024 roku import do Polski świeżych łososi nieodgławionych i patroszonych wyniósł około 241 tysięcy ton, z których, według Polskiego Stowarzyszenia Przetwórców Ryb, około 240 tysięcy ton trafiło do przetwórstwa, powstała ilość produktów ubocznych, oszacowana na podstawie danych przeprowadzonego bilansu wyniosła około:

- 24 000 ton głów (rys. 6),
- 33 600 ton kręgosłupów wraz ze związanymi płetwami i pozostałościami mięsa (rys. 6),
- 14 400 ton skór z podskórną tkanką mięsno-tłuszczową (rys. 7).

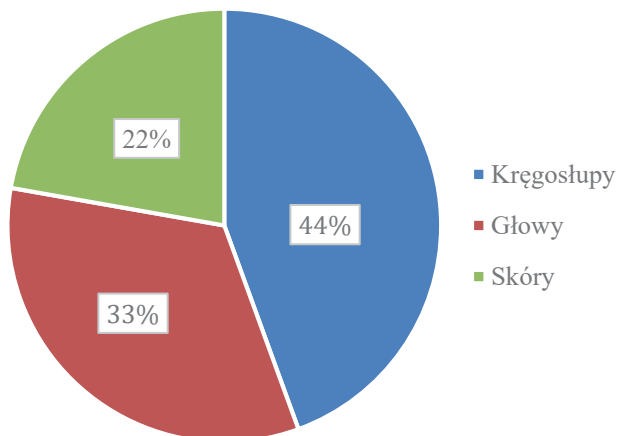
Stanowią więc one około 30% masy przetwarzanego surowca, a ich procentowy skład przedstawia rysunek 8. Dodatkowym produktem, który można zaliczyć do produktów ubocznych, są ścinki po trymowaniu filetów ze skórą (rys. 9). Tak więc masę produktów ubocznych powstających rocznie podczas przetwórstwa łososi, zawierających znaczne ilości użytecznych żywieniowo substancji, można oszacować na około 70 tysięcy ton.



Rys. 6. Głowa i kręgosłup po odgłowieniu i filetowaniu łososia
(fot. MIR-PIB)



Rys. 7. Skóry wędzonych filetów łososia od strony podskórnej tkanki
mięsno-tłuszczowej i od strony łuski
(fot. MIR-PIB)



Rys. 8. Udział poszczególnych składników w masie produktów ubocznych przetwarzania łososi (nie zaznaczono 1% ubytków technologicznych)



Rys. 9. Ścinki po trymowaniu filetów ze skórą
(fot. MIR-PIB)

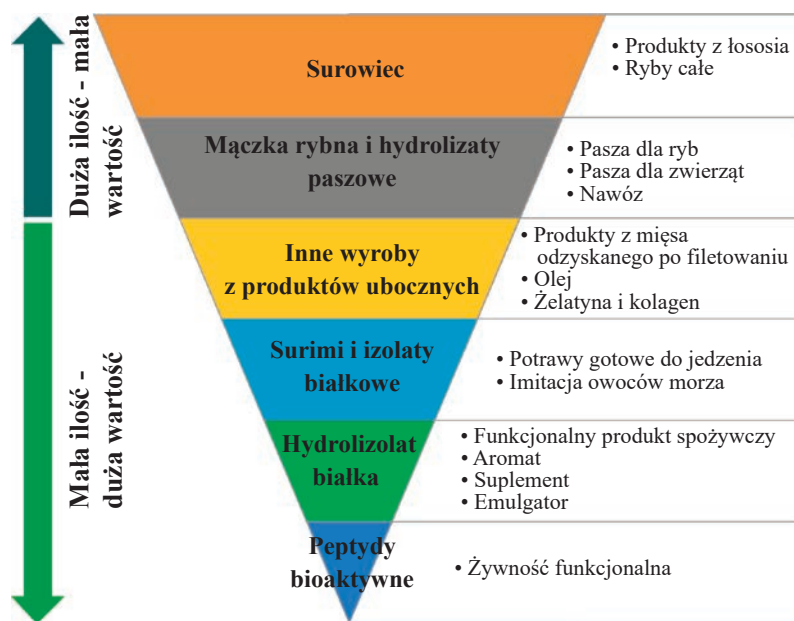
Szacunkowo, z przeliczeń podstawowego składu chemicznego poszczególnych rodzajów tych produktów, można w przybliżeniu przyjąć, że zawierają one około 16% białka ogólnego, 22% oleju rybnego i 3% substancji mineralnych, co przekłada się na około:

- 11 520 ton białka ogólnego,
- 15 840 ton oleju rybnego,
- 2 160 ton substancji mineralnych.

Produkty uboczne stanowią nośnik wartościowych i użytecznych substancji, istotnych nie tylko pod względem odżywczym. Są one źródłem cennych składników, przede

wszystkim białek, w tym kolagenowych, tłuszczów bogatych w niezbędne wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) oraz makro- i mikroelementów. Z tego powodu mogą one i powinny być wykorzystywane jako dobry surowiec do wytwarzania innowacyjnych produktów rynkowych o dużej wartości dodanej. Dlatego też zaproponowany przez Ramakrishnana i innych (2024) wykres piramidowy obrazujący możliwości wykorzystania produktów ubocznych z łososi uzupełniono o dodatkowy poziom (rys. 10) obrazujący wykorzystanie produktów ubocznych na:

- parafarmaceutyczny olej rybny (łososiowy), będący źródłem n-3 WNKT,
- żelatynę spożywczą i/lub techniczną,
- naturalne preparaty mineralne,
- różne produkty żywnościowe na bazie rozdrobnionego mięsa, odzyskiwanego na przykład z kręgosłupów po filetowaniu łososi.



Rys. 10. Rozszerzony schemat możliwości wykorzystania produktów ubocznych przetwórstwa łososi na produkty o wartości dodanej
(opracowano na podstawie: Ramakrishnan V.V. i in. 2024)

Szacować można, że innowacyjne produkty rynkowe, możliwe do wytworzenia z jednostki masy produktów ubocznych z przetwórstwa łososi miałyby kilkakrotnie większą wartość od wartości dotychczas wytwarzanych z nich produktów paszowych. Dlatego też w pełni uzasadnione jest prowadzenie badań i prac rozwojowych w celu opracowania technologii uzyskiwania z produktów ubocznych łososi innowacyjnych produktów rynkowych. Dodatkowo przemawiają za tym:

- koncentracja powstawania produktów ubocznych w dużych zakładach przetwórczych,
- spodziewany, stosunkowo jednorodny i stabilny skład chemiczny poszczególnych rodzajów produktów ubocznych,

- możliwy do zapewnienia dobry wyjściowy stan świeżości i jakości mikrobiologicznej produktów ubocznych.

2.2. Analiza jakościowa produktów ubocznych

2.2.1. Materiał i metody

Materiałem do badań były kręgosłupy, skóry i głowy powstające przy przetworstwie norweskich łososi na produkty konsumpcyjne, głównie na wędzone na zimno filety bez skóry, pokrojone na plastry i pakowane próżniowo.

Próby do badań pobrano w różnych miesiącach z trzech zakładów przetwarzających łosose importowane z Norwegii. Po posegregowaniu produkty do badań chemicznych przechowywano w stanie zamrożonym. Próby do badań mikrobiologicznych pobierane były bezpośrednio po obróbce wstępnej łososi w zakładach przetwórczych.

2.2.2. Badania mikrobiologiczne

W zakładzie przetwarzającym łosose na plastrowate filety bez skóry, wędzone na zimno, wykonano mikrobiologiczne badania kontrolne na obecność:

- *Listerii spp.* w 25 g,
- *Salmonelli* w 25 g produktu,
- pałeczek z grupy *coli* w 0,01 g,
- gronkowców chorobotwórczych w 0,1 g,
- beztlenowych laseczek przetrwalnikujących w 1 g,
- pleśni i drożdży w 1 g,
- ogólnej liczby bakterii tlenowych mezofilnych w 1 g.

Produkty uboczne łososi, takie jak głowy i kręgosłupy, oraz rozdrobnione mięso odzyskiwane z kręgosłupów - poprzez zeszkrobki łyżeczką – były pobierane bezpośrednio z produkcji do badań mikrobiologicznych trzykrotnie, w różnym odstępie czasu. Pobrane próby 1 i 2 dotyczyły surowca z tej samej dostawy świeżych łososi hodowlanych z Norwegii przetwarzanych przez kolejne dwa dni. Próba 3 pochodziła z innej dostawy surowca. W dniach poboru z produkcji prób do badań mikrobiologicznych nie odeskórzano filetów łososiowych, dlatego dostarczono do badań mikrobiologicznych wcześniej zabezpieczone mrożone próby skór surowych i wędzonych z łososi.

Wyniki przeprowadzonych badań mikrobiologicznych przedstawiono w tabeli 1. Wskazują one, że produkty uboczne z łososi oraz rozdrobnione mięso spełniają kryteria mikrobiologiczne dotyczące żywności. Próby produktów ubocznych oraz rozdrobnionego mięsa z łososi pobierano do badań bez jakichkolwiek dodatkowych specjalnych zabiegów mających na celu poprawienie ich stanu mikrobiologicznego, a więc można oczekiwać, że w przypadku opracowania i wdrożenia procedur postępowania z produktami ubocznymi przeznaczonymi do nowych kierunków wykorzystania, ich czystość będzie co najmniej taka sama.

Tabela 1. Wyniki badań mikrobiologicznych łososiowych produktów ubocznych oraz rozdrobnionego mięsa odzyskanego z kręgosłupów.

Wykonane oznaczenie	Material badawczy	Listeria spp. w 25g	Salmonella w 25g	Pałeczki z grupy coli w 0,01g	Gronkowce chorobotwórcze w 0,1g	Beztlenowe laseczki przetrawnikowe w 1g	Pleśnie Drożdże w 1g	Ogólna liczba bakte- rii tlenowych mezo- filnych w 1g
1	Głowy	x	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	x	x	$5,4 \times 10^5$
	Kręgosłupy	x	nieobecne	-	nieobecne w 0,1g	x	x	$2,7 \times 10^5$
	Mięso	nieobecne	nieobecne	-	nieobecne w 0,1g	x	x	$2,2 \times 10^5$
2	Głowy	x	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	x	x	$9,1 \times 10^4$
	Kręgosłupy	x	nieobecne	-	nieobecne w 0,1g	x	x	$5,8 \times 10^4$
	Mięso	nieobecne	nieobecne	-	nieobecne w 0,1g	x	x	$5,5 \times 10^4$
	Skóra surowa nr. ** 1.	x	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	nieobecne	x	$1,4 \times 10^5$
	Skóra wędzo- na nr. ** 2	nieobecne	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	nieobecne	< 100	< 10^3
3	Głowy	x	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	x	x	$5,0 \times 10^5$
	Kręgosłupy	x	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	x	x	$2,1 \times 10^6$
	Mięso	nieobecne	nieobecne	nieobecne w 0,01g	nieobecne w 0,1g	x	x	$7,6 \times 10^5$

Legenda: x - nie badano; ** próby skór z dwóch różnych zakładów (1 i 2).

2.2.3. Badania chemiczne

Analizy chemiczne wykonane zostały w laboratorium Zakładu Chemii Żywności i Środowiska Morskiego Instytutu Rybackiego – PIB, zgodnie ze stosowanymi w nim metodykami i dotyczyły one:

- podstawowego składu chemicznego obejmującego oznaczenia:
- suchej masy - metodą wagową po wysuszeniu próbki w temperaturze 105°C do stałej masy,
- białka surowego ($N \times 6,25$) - metodą Kjeldahla po uprzedniej mineralizacji kwasem siarkowym,
- tłuszczu - metodą Soxhleta,
- popiołu - metodą wagową po mineralizacji próbki w piecu w temperaturze 550°C,
- zawartości azotu niebiałkowego ($N \times 6,25$) oznaczanej metodą Kjeldahla po uprzedniej ekstrakcji kwasem tróchlorooctowym (TCA),
- zawartości azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA), oznaczanej zgodnie z normą PN-A-86791:1995. Metoda polega na separacji lotnych zasad amonowych przez alkaliczację badanej próbki tlenkiem magnezu, a następnie destylację z parą wodną. Uwolnione lotne zasady amonowe absorbowane są w roztworze kwasu borowego i miareczkowane z zastosowaniem kwasu solnego,
- zawartości histaminy oznaczanej metodą fluorymetryczną zgodnie z normą PN-A-6786:1990/Az1:1997 wraz z procedurą badawczo-uzupełniającą do wymienionej normy. Zasada oznaczania polega na wyizolowaniu histaminy z ekstraktów metalolowych na kolumnie wypełnionej jonowymieniaczem Dowex 1x8 i spektrofotometrycznym oznaczaniu produktu kondensacji histaminy z aldehydem o-ftalowym,
- składu kwasów tłuszczowych oznaczanego na chromatografii gazowej Agilent Technologies 6890N, wobec mieszaniny wzorcowej 37 kwasów tłuszczowych. Analizę chromatograficzną kwasów tłuszczowych wykonywano po uprzednim przeprowadzeniu ich w odpowiednie estry metylowe. Po estryfikacji, oczyszczone próbki analizowano techniką chromatografii gazowej z wykorzystaniem detektora FID, przy pomocy kolumny kapilarnej długości 100 m, pokrytej fazą SP-2560 o grubości 0,2 μm ,
- zawartości witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D₃ i E) oznaczanych po ich uprzednim zmydłaniu alkoholowym roztworem wodorotlenku potasu, a następnie ekstrakcji heksanem. Końcowe oznaczenie witamin było wykonywane metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej w układzie faz odwróconych, z detekcją fluorymetryczną (witaminy A i E) oraz w ultrafiolecie (witamina D₃). Analizowane substancje były identyfikowane na podstawie czasów retencji i oznaczane metodą wzorca zewnętrznego (witaminy A i E) lub metodą wzorca wewnętrznego (witamina D₃), z zastosowaniem pomiaru powierzchni piku,
- zawartości makro- i mikroelementów oznaczonych po uprzedniej mineralizacji w kwasie azotowym, metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem plazmowym, na spektrometrze ICP-OES,
- zawartości hydroksyproliny oznaczanej zgodnie z metodyką podaną w normie PN-ISO 3496:2000. Hydrolizę próbki przeprowadzono w kwasie siarkowym w temperaturze 105°C. Pomiar zawartości hydroksyproliny w przygotowanej próbce wykonano spektrofotometrycznie, przy długości fali 558 nm.

2.2.3.1. Podstawowy skład chemiczny badanych produktów ubocznych

W tabeli 2 przedstawiono podstawowy skład chemiczny i zawartość lotnych zasad amonowych w produktach ubocznych obróbki łososi.

Tabela 2. Wyniki badań podstawowego składu chemicznego i zawartość lotnych zasad amonowych (N_{LZA}) w produktach ubocznych

Składnik	Głowy	Kręgosłupy ^{*)}	Skóry z filetów po wędzeniu ^{**)}
	Zawartość średnia [%]		
Sucha masa	37,32 +/-0,12	44,55 +/-0,66	59,03 +/-0,18
Woda	62,68 +/-0,12	55,45 +/-0,66	40,97 +/-0,18
Białko ogólne ($N_{og} \times 6,25$)	13,56 +/-0,37	14,44 +/-0,31	20,19 +/-0,62
Azot ogólny (N_{og})	2,17 +/-0,06	2,31 +/-0,05	3,23 +/-0,10
Azot lotnych zasad amon. (N_{LZA} mg/100g)	9,42 +/-0,52	9,79 +/-0,35	16,64 +/-0,44
Tłuszcz	19,88 +/-0,44	26,46 +/-0,32	35,10 +/-0,13
Popiół	4,13 +/-0,15	3,61 +/-0,11	3,84 +/-0,07

^{*)} Po łyżeczkowaniu (ręcznym oddzieleniu pozostałości mięsa po filetowaniu)

^{**) Skóry oddzielone maszynowo}

W wynikach badań podstawowego składu chemicznego produktów ubocznych powstających w procesie przetwórstwa hodowlanych łososi patroszonych z głowami na produkty konsumpcyjne występują różnice w stwierdzonym składzie poszczególnych produktów pochodzących z różnych części ryby. Natomiast w ramach tego samego produktu różnice w podstawowym składzie chemicznym są nieznaczące (por. tab. 2) i dlatego na ogół w tekście podawane są ich wartości średnie obliczone z oznaczeń wykonanych w minimum 5 powtórzeniach.

Kręgosłupy łososiowe

Wstępne próby technologiczne przeprowadzone z wykorzystaniem kręgosłupów łososiowych (rys. 11) uzyskiwanych bezpośrednio po maszynowym filetowaniu ryb wykazały, że 40% ich masy stanowi jadalne mięso, które można z nich odzyskać sposobami mechanicznymi. Podstawowy skład chemiczny kręgosłupów łososiowych już po odzyskaniu rozdrobnionego mięsa jest nadal bardzo korzystny (por. tab. 2).



Rys. 11. Kręgosłupy po maszynowym filetowaniu łososi
(Ramírez A., 2007)

Z kręgosłupów po maszynowym filetowaniu można w przybliżeniu wyodrębnić:

- kręgosłupy po odzyskaniu mięsa na drodze tak zwanego „łyżeczowania” - około 56% masy kręgosłupów po filetowaniu,
- rozdrobnione czyste jadalne mięso - około 40% masy kręgosłupów po filetowaniu,
- kręgosłupy po odzyskaniu mięsa i obcięciu płetwy ogonowej - około 48% masy kręgosłupów po filetowaniu,
- tkankę kostną, po gotowaniu kręgosłupów bez płetwy ogonowej i usunięciu pozostałości mięsa - około 25% - 30% masy kręgosłupów po filetowaniu, przy czym ubytki stanowią około 18% masy kręgosłupów po filetowaniu.

W przedstawionym przybliżonym bilansie materiałowym dotyczącym kręgosłupów łososiowych zwraca uwagę bardzo wysoki udział mięsa, wynoszący około 40% ich masy. Dlatego też podstawowym kierunkiem wykorzystania kręgosłupów powinno być maksymalne odzyskanie wysokiej jakości czystego mięsa, które można wykorzystać do wytwarzania rynkowych produktów spożywczych.

Innym z rozważanych, możliwych kierunków dalszego wykorzystania kręgosłupów po odzyskaniu rozdrobnionego mięsa, jest otrzymywanie z nich zup rybnych, np. w postaci konserw rybnych. Bulion po gotowaniu kręgosłupów w wodzie oraz oddzielone od kości ugotowane mięso stanowiłyby bazę do ich otrzymywania. Pozostała tkanka kostna, o ile skład chemiczny i właściwości będą na to wskazywały, mogłaby być wykorzystana do wytwarzania naturalnych preparatów mineralnych.

Głowy łososi

W pomiarach określono, że na masę głów (rys. 12) składają się:

- mięso i tkanka łączna - 51%,
- tkanka kostna - 25%,
- skrzela - 15,6%,
- oczy - 3,4%,
- ubytki - 5%.



Rys. 12. Głowy łososi
(Ramírez A., 2007)

W przedstawionym bilansie zwraca uwagę korzystny, bardzo wysoki udział mięsa wraz z częściami miękkimi. Podstawowy skład chemiczny głów łososiowych jest też bardzo korzystny; ich sucha masa wynosi około 36%, zawartość białka około 14% i tłuszczu około 19%.

Stwarza to podstawy do rozważenia możliwości wykorzystania ich do wytwarzania zup rybnych. Bazę stanowiłyby bulion otrzymany po ugotowaniu głów w wodzie oraz oddzielone od kości ugotowane mięso.

Innym możliwym kierunkiem, wymagającym weryfikacji, jest odzyskiwanie mięsa i tkanki łącznej z surowych głów na drodze mechanicznej separacji. Od świeżych głów po wstępnym rozdrobieniu odseparowano by części twarde od miękkich. Otrzymane rozdrobnione mięso i tkanka łączna z powodzeniem mogą być wykorzystywane we wszelkiego rodzaju konserwach rybnych typu sałatki rybne, paprykarze itp.

Należy zauważyć, że w przemyśle mięsnym mięso i tkanka łączna pozyskiwane z głów zwierząt ciepłokrwistych są powszechnie wykorzystywane do produkcji różnego rodzaju wędlin, salcesonów i tym podobnych.

Skóry lososiowe

Łososiowe skóry wędzone uzyskiwane bezpośrednio po odkórzaniu zawierają przylegające do nich warstwy tkanki mięsno-tłuszczowej ścinanej z filetów przez odkórzarki (rys. 13).



Rys. 13. Skóry
(Ramírez A., 2007)

W pomiarach wydajności ręcznego oddzielania tej tkanki określono, że stanowi ona około 60% masy skóry pochodzącej z maszynowego odkórzania. Reszta to oczyszczona skóra (około 35%) i ubytki, głównie wyciekający olej (około 5%).

Po oddzieleniu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej skóra o suchej masie wynoszącej około 71% zawierała około 42% białek, głównie kolagenowych, i 27% tłuszczu. Natomiast oddzielona podskórna tkanka mięsno-tłuszczowa o suchej masie około 63% zawierała około 15% białka i około 45% tłuszczu.

Skóry łososi, które stanowią około 19% masy produktów ubocznych, mogą być doskonałym surowcem do uzyskiwania, obok oleju, rybnego kolagenu i żelatyny rybnej, nadających się do zastosowań biotechnologicznych i technicznych.

W przypadku skór istotne jest również, czy skóry oddzielano z fileta surowego czy też wędzonego poddanego specjalistycznej obróbce technologicznej oraz grubości (ilości) pozostawionej warstwy podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej. Jak to wpływa na skład chemiczny skóry obrazują wyniki przedstawione w tabeli 3. Zawiera ona podstawowy skład chemiczny skór i podskórnej tkanki mięśniowo-tłuszczowej z łososi przetwarzanych na produkt „Gravad” (filety solone, podsuszane, odkórzane, krojone na plastry, posypane koperkiem).

Tabela 3. Wyniki badań chemicznych skór łososia solonych i podsuszonych pobranych z produkcji oraz skór i tkanki podskórnej po ich mechanicznym oddzieleniu nożem:

1 - skóry łososia solone, podsuszone z tkanką podskórną tłuszczowo-mięśniową,

2 - skóry solone po ręcznym usunięciu nożem tkanki tłuszczowo-mięśniowej,

3 - podskórna tkanka tłuszczowo-mięśniowa

Składnik	1	2	3
	Zawartość średnia [%]		
Woda	30,83±0,09	28,11±0,36	40,74±0,04
Sucha masa	69,17±0,09	71,89±0,36	59,26±0,04
Tłuszcz	42,53±0,08	31,63±0,54	41,87±0,04
Popiół	4,32±0,09	6,22±0,01	2,54±0,04
Azot ogólny (N_{og})	3,87±0,12	6,01±0,09	2,27±0,01
Azot ogólny (N_{og}) na s. masę	5,59	8,36	3,83
Hydroksypolina	1,09±0,02	1,63±0,04	-
Hydroksypolina na s. masę	1,58	2,27	-
Kolagen (hydroksypolina x14,7*)	23,22	33,37	-
Sól (NaCl) %	-	-	2,14±0,01

*) 14,7 - przyjęty z literatury współczynnik przeliczeniowy dla białek kolagenowych.

Przedstawione w tabeli 3 wyniki analiz skór z filetów łososi przetwarzanych metodą tak zwanego lekkiego solenia, obejmujące oznaczania zawartości hydroksypoliny jako miernika zawartości kolagenu w próbach, są dobrą podstawą do dokonania bilansu białek kolagenowych i białek niekolagenowych w badanym materiale. W skórach po odkórzaniu solonych filetów (próba 1) oznaczona analitycznie zawartość suchej masy wynosi 69,17%. Na tę zawartość suchej masy (S.M) składają się: tłuszcz (T) 42,53% - oznaczony analitycznie, oraz popiół (P) 4,32% - również oznaczony analitycznie. Z różnicy: $S.M - T - P = 69,17\% - 42,53\% - 4,32\% = 22,32\%$ wynika, że białka powinny stanowić 22,32% próby. Z oznaczenia zawartości azotu ogólnego $N_{og} = 3,87\%$ i zastosowania standardowego przelicznika ($N_{og} \times 6,25$), uzyskuje się zawartość białka ogólnego równą 24,18%, czyli o 1,87% więcej niż z bilansu, w którym uzyskano 22,32%. Na podstawie analitycznie oznaczonej w próbce 1 zawartości hydroksypoliny (1,09%) i zastosowaniu przelicznika 14,7 hydroksypoliny na kolagen, otrzymuje się zawartość tego białka w skórach: $B_k = 1,09\% \times 14,7 = 16,02\%$. Biorąc pod uwagę, że średnia zawartość azotu w różnego pochodzenia kolagenach wynosi około 18,0%, z czego wynika przelicznik azotu na kolagen równy 5,55. Stąd ilość azotu w próbce pochodzącej z kolagenu powinna wynosić: 16,02%: 5,55 = 2,88%. Odejmując tę wartość od oznaczonej analitycznie zawartości azotu ogólnego w próbce 1 ($N_{og} = 3,87\%$) otrzymuje się zawartość w próbce azotu pochodzącego z innych białek niż kolagen:

$$N_{nk} = N_{og} - N_k = 3,87\% - 2,88\% = 0,99\%.$$

Stąd wynika, że białek niekolagenowych w próbce było: $0,99\% \times 6,25 = 6,19\%$ (B_{nk}). Czyli sumaryczna, rzeczywista zawartość białka w próbce powinna wynosić:

$B_{og} = B_k + B_{nk} = 16,02\% + 6,19 = 22,21\%$. Ta wartość jest bardzo blisko wartości uzyskanej z bilansu: $S.M - T - P = 22,32\%$.

W tabeli 4 przedstawiono skład chemiczny skór i tkanki podskórnej z tabeli 3 po uwzględnieniu w nich zawartości kolagenu.

Tabela 4. Skład chemiczny surowców odpadowych z tabeli 3 po uwzględnieniu zawartości w nich kolagenu

Lp.	Składnik	Skóry z tkan- ką podskórną	Skóry bez tkanki podskórnej	Podskórna tkanka mięs- no-tłuszczowa
		Zawartość średnia [%]		
1.	Woda	30,83	28,11	40,74
2.	Sucha masa	69,17	71,83	59,26
3.	Tłuszcz	42,53	31,63	41,87
4.	Popiół	4,32	6,22	2,54
5.	Białko ogólne z bilansu mas (2-3-4)	22,32	34,04	14,85
6.	Azot ogólny (N_{og})	3,87	6,01	2,27
7.	Białko ogólne ($N_{og} \times 6,25$)	24,18	37,56	14,18
8.	Hydroksyprolina (Hypro)	1,09	1,63	-
9.	Kolagen (Hydrox 14,7)	16,02	23,96	-
10.	Azot z kolagenu (N_k)	2,88	4,32	-
11.	Azot (N_{nk}) białek niekolagenowych ($N_{og} - N_k$)	0,99	1,69	-
12.	Białka niekolagenowe ($N_{nk} \times 6,25$)	6,19	10,56	-
13.	Suma białek ($B_{og} = B_k + B_{nk}$)	22,21	34,52	-

Skóry łososiowe wraz z podskórną tkanką mięśniowo-tłuszczową, ze względu na stwierdzaną w nich wysoką zawartość tłuszczu oraz potencjalną zawartość w nich kolagenu (od 16% do 24%) oraz możliwość ich garbowania, są interesującym surowcem do pozyskiwania z nich produktów o zwiększonej wartości dodanej. Wyniki badań histaminy i lotnych związków aminowych wskazują, że próbki dostarczone do badań były dobrej jakości.

Badania mikrobiologiczne skór wędzonych wykazały, że przy zachowaniu odpowiedniego postępowania higieniczno-sanitarnego i spełnieniu wymagań weterynaryjnych można zapewnić ich wymaganą czystość mikrobiologiczną, szczególnie, ze względu na dodatkowe działanie konserwujące dymu wędzarniczego, w przypadku skór wędzonych.

2.2.3.2. Charakterystyka chemiczna surowców odzyskiwanych z badanych produktów ubocznych

Rozdrobnione mięso łososi

Rozdrobnione mięso łososi głównie odzyskiwane jest z pozostałych po filetowaniu kręgosłupów. Jest to wysokiej jakości czyste mięso, które można przeznaczyć do wytwarzania rynkowych produktów konsumpcyjnych. Jego odzyskiwanie można prowadzić na trzy sposoby:

- poprzez łyżeczkowanie (typowa obróbka ręczna, rys. 14 i rys. 15),
- poprzez separację ciśnieniową (rys. 16 i rys. 17),
- poprzez sposób łączony - wstępne łyżeczkowanie, a następnie separację ciśnieniową.



Rys. 14. Łyżeczkowanie
(fot. MIR-PIB)



Rys. 15. Rozdrobnione mięso łososiowe odzyskane z kręgosłupów metodą łyżeczkowania
(fot. MIR-PIB)



Rys. 16. Schemat separacji ciśnieniowej
(wg <https://www.sepamatic.de/en/products>)



Rys. 17. Rozdrobnione mięso łososiowe odzyskane z kręgosłupów metodą separacji ciśnieniowej.
(fot. MIR-PIB)

W przypadku dwuetapowego odzyskiwania mięsa otrzymuje się zróżnicowane produkty: mięso wysokiej jakości (łyżeczkowanie) (rys. 15) i mięso znacznie rozdrobnione (separacja ciśnieniowa) (rys. 17).

Wyniki podstawowego składu chemicznego prób rozdrobnionego mięsa łososi, otrzymanego po łyżeczkowaniu i po separatorze przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Podstawowy skład chemiczny i zawartość histaminy w badanych próbkach rozdrobnionego mięsa łososia

Oznaczenie	Mięso otrzymane po łyżeczkowaniu	Mięso otrzymane po separatorze
	Zawartość średnia	
Woda [%]	72,79 ± 0,19	63,15 ± 0,12
Sucha masa [%]	27,21 ± 0,19	36,85 ± 0,12
Tłuszcz [%]	7,08 ± 0,13	21,95 ± 0,05
Białko ogólne [%]	19,31 ± 0,13	14,38 ± 0,25
Popiół [%]	1,08 ± 0,01	0,85 ± 0,05
Histamina [mg/kg]	-	5,4 ± 0,0

Uwagę zwraca bardzo zróżnicowany skład chemiczny badanych próbek rozdrobnionego mięsa, pochodzącego praktycznie z tych samych łososi, ale odzyskiwanego różnymi sposobami i z różnych frakcji odpadowych surowca. W rozdrobnionym mięsie po separatorze dominującym surowcem wyjściowym były ścinki płatów brzusznych po trymowaniu filetów ze skórą. Ma to istotny wpływ na zawartość tłuszczu w rozdrobnionym mięsie, która jest trzykrotnie wyższa niż w mięsie z kręgosłupów po łyżeczkowaniu. Wysoka zawartość tłuszczu w mięsie po separatorze skutkuje automatycznie niższą zawartością wody i białka. Przy ocenie organoleptycznej rozdrobnionego mięsa po separatorze uwagę zwróciła papkowata konsystencja, na którą wpływ miała wysoka zawartość tłuszczu. W mięsie tym ze względu na niżej ocenione cechy organoleptyczne, kontrolnie określono zawartość histaminy. Jej niski poziom wskazuje na bardzo dobrą świeżość i jakość przetwarzanego surowca wyjściowego - łososi patroszonych z głowami.

Oprócz podstawowego składu chemicznego dwóch rodzajów rozdrobnionego mięsa łososi określono w nich zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (tab. 6).

Tabela 6. Zawartość witamin A, D₃, E rozpuszczalnych w tłuszczach określona w rozdrobnionym, surowym mięsie łososi

Pochodzenie rozdrobnionego surowego mięsa łososi	Witamina A	Witamina D ₃	Witamina E
	Zawartość średnia [µg/g tkanki]		
Mięso z kręgosłupa po łyżeczkowaniu	0,1072	0,0256	27,257
Mięso (głównie z płatów brzusznych) po separatorze	0,1929	0,0518	54,575

Z przedstawionych danych wynika, że odzyskane rozdrobnione mięso jest również cennym surowcem, ze względu na zawartość w nim rozpuszczalnych w tłuszczu witamin A, D₃ i E. Stwierdzone większe zawartości tych witamin w rozdrobnionym mięsie po separatorze wynikają prawdopodobnie z wyższej zawartości tłuszczu w tym mięsie.

Dodatkowo, w rozdrobnionym mięsie uzyskanym po separatorze, charakteryzującym się wysoką zawartością tłuszczu, określono skład kwasów tłuszczowych w wydzielonym z tego mięsa oleju otrzymując poniższe wartości:

- nasycone kwasy tłuszczowe (SFA) - 18,45%,
- jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA) - 42,71%,
- wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) - 38,28%,
w tym:
- kwas eikozapentaenowy C:20:5 n-3 (EPA) - 5,23%,
- kwas dokozaheksaenowy C:22:6 n-3 (DHA) - 9,06%,
- EPA + DHA - 14,29%,
- kwas α -linolenowy C:18:3 n-3 (ALA) - 5,14%,
- Σ n-3 PUFA - 24,39%,
- Σ n-3/ Σ n-6 - 2,03%.

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że odzyskane rozdrobnione mięso łososi może być bogatym źródłem niezbędnych pod względem odżywczym n-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (Σ PUFA), w tym kwasów n- 3 i n-6 PUFA, w składzie kwasowym tłuszczu jest istotny z punktu widzenia właściwości prozdrowotnych.

Badania mikrobiologiczne rozdrobnionego mięsa uzyskiwanego z kręgosłupów wykazały, że przy zachowaniu odpowiedniego postępowania higieniczno-sanitarnego i spełnieniu wymagań weterynaryjnych można zapewnić jego wymaganą czystość mikrobiologiczną, a w dalszej kolejności bezpieczeństwo mikrobiologiczne produktów spożywczych otrzymywanych z tego mięsa.

Poza mięsem odzyskiwanym z kręgosłupów, z uwędzonych i odskórzonych filetów wycinane są w postaci długich, cienkich pasków ciemne, boczne mięśnie podskórne, zachowujące naturalną włóknistą strukturę (rys. 18).



Rys. 18. Filet wędzony z łososia z ciemnym mięśnieniem podskórnym
(fot. MIR-PIB)

Ścinki ciemnych mięśni są czystym, jadalnym mięsem rybnym o cechach smakowych typowych dla mięsa wędzonego (rys. 19).



Rys. 19. Ścinki wędzonego mięsa łososiowego z ciemnych podskórnych mięśni (fot. MIR-PIB)

Ilościowo ścinki ciemnych mięśni stanowią około 6% masy początkowej przetworzonych ryb. Pod względem składu chemicznego oraz cech sensorycznych i właściwości technologicznych ścinki ciemnych mięśni z łososi wyraźnie różnią się od mięsa odzyskiwanego mechanicznie z kręgosłupów i żeber łososi.

Ciemne mięso z wędzonych filetów z łososi charakteryzuje się wysoką zawartością białka - około 18% i zawartością tłuszczu na poziomie około 20%. Z powodu obecności soli zawartość popiołu w tym mięsie przekracza 3%. Mięso ma wyraziście słono-wędzonkowy smak.

Na mniejszą skalę można odzyskiwać mięso ze skór zdjętych z filetów surowych lub wędzonych oraz z żeber i ścinków z filetów przed wędzeniem. Jego skład chemiczny przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Podstawowy, średni skład chemiczny różnych rodzajów rozdrobnionego mięsa odzyskanego z produktów ubocznych

Składnik	Ciemne mięśnie boczne wycinane z wędzonych filetów	Mięso odzyskiwane ze skór	Mięso odzyskiwane mechanicznie z żeber i ścinków
	Zawartość średnia [%]		
Woda	58,8	37,9	58,3
Sucha masa	41,2	62,1	41,7
Tłuszcz	20,3	43,4	24,5
Białko	17,7	15,1	16,0
Popiół	3,2	2,6	1,2

Tak więc z produktów ubocznych przetwórstwa łososi można odzyskiwać odrębnie pięć rodzajów jadalnego mięsa rybiego różniącego się nieco pod względem składu chemicznego, postaci oraz właściwości sensorycznych i technologicznych:

- mięso odzyskiwane z kręgosłupów ręcznie, tzw. metodą „łyżeczowania”,
- ciemne mięśnie boczne wycinane z wędzonych filetów,
- mięso odzyskiwane ze skór (z filetów surowych lub wędzonych),
- mięso odzyskiwane mechanicznie z kręgosłupów,
- mięso odzyskiwane mechanicznie z żeber i ścinków.

Skład chemiczny danego typu mięsa decyduje także o jego cechach sensorycznych i właściwościach technologicznych.

Z odzyskiwanych typów mięsa najbardziej zbliżonymi pod względem składu chemicznego i właściwości do mięsa filetów z łososi są mięso odzyskiwane mechanicznie z kręgosłupów po filetowaniu i mięso odzyskiwane mechanicznie z żeber i ścinków. Pod względem cech sensorycznych i właściwości technologicznych są one podobne do mięsa odzyskiwanego mechanicznie z kręgosłupów i dlatego mogą być ze sobą łączone i traktowane jako jeden surowiec rybny.

Na podstawie przedstawionych wyników przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że odzyskane rozdrobnione mięso łososi może być bogatym źródłem niezbędnych pod względem odżywczym n-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (Σ PUFA), w tym kwasów n-3 i n-6 PUFA, w składzie kwasowym tłuszczu jest istotny z punktu widzenia właściwości prozdrowotnych.

Olej wydzielony z różnych produktów ubocznych z obróbki łososi

W olejach rybnych uzyskanych z różnych produktów ubocznych obróbki łososi określono składy i zawartości kwasów tłuszczowych oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D₃, E). Oleje rybne do określenia zawartości kwasów tłuszczowych pochodziły z niżej wymienionych próbek:

- próbka A - kręgosłupy po łyżeczowaniu,
- próbka B - skóry łososiowe po maszynowym odkórzeniu filetów wędzonych,
- próbka C - tkanka mięsna z ciemnego bocznego podskórnego mięśnia łososia.

Uzyskane wyniki dotyczące udziałów kwasów tłuszczowych w oleju z przedstawionych powyżej próbek porównano ze składem kwasów tłuszczowych w olejach pozyskiwanych z mięsa dzikich łososi atlantyckich (próba O) i bałtyckich (próba D) (tabela 8).

Analizy udziałów poszczególnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu znajdującym się w dużych ilościach w elementach ciała łososi z akwakultury, które pozostają po obróbce tych ryb do postaci filetów bez skóry wykazały, że tłuszcz ten może być bogatym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (omega-3).

Skład kwasów tłuszczowych zawartych w oleju kręgosłupów, skór oraz tak zwanych ciemnych mięśni podskórnych jest praktycznie rzecz biorąc taki sam. Łączny udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), w składzie kwasowym tłuszczu przekracza 45%, w tym kwasy n-3 PUFA stanowią 30%.

Porównanie składu kwasów tłuszczowych w oleju badanych elementów odpadów z przetwórstwa łososi z akwakultury ze składem kwasów tłuszczowych w oleju

dzikiego łosia atlantyckiego oraz dzikiego łosia bałtyckiego wskazuje, że tłuszcz łososi hodowlanych pod względem składu kwasów tłuszczowych w specyficzny sposób się odróżnia. W tłuszczu łososi hodowlanych więcej jest kwasów tłuszczowych jedno- i wielonienasyconych, szczególnie kwasu C18:3, n-3 (linolenowego, ALA). Kwas ten jest prekursorem całej rodziny n-3 PUFA i z tej przyczyny jest głównym, niezbędnym żywieniowo kwasem tłuszczowym z rodziny omega-3.

Tabela 8. Udział kwasów tłuszczowych w oleju pochodzącym z niektórych produktów ubocznych przetwarzania hodowlanych łososi atlantyckich (próbki A, B, C) oraz z mięsa łososi dzikich atlantyckich (próbka O) i bałtyckich (próbka D)

Kwasy tłuszczowe	Udziały kwasów w tłuszczu z próbek (%)				
	Próbka O	Próbka A	Próbka B	Próbka C	Próbka D
C12:0	-	0,09	0,06	0,07	-
C14:0	5,1	3,59	3,36	3,05	3,2
C15:0	-	0,24	0,2	0,2	0,3
C16:0	14,1	10,32	9,53	9,47	16,7
C18:0	2,6	2,89	2,66	2,62	3,0
C20:0	-	0,35	0,29	0,29	0,2
C22:0	-	0,15	0,12	0,14	1,2
Σ SFA	22,5	18,23	16,22	15,84	24,6
C14:1, n9c	-	0,02	0,02	0,02	-
C16:1, n9c	7,9	3,54	3,26	3,07	4,3
C18:1, n9c	19,5	26,64	28,12	28,91	20,1
C18:1, n9t	-	0,05	-	0,05	0,1
C20:1, n9c	11,5	1,84	2,18	1,79	0,5
C22:1, n9c + n11	11,7	3,33	4,03	4,14	0,2
C24:1	-	0,45	0,45	0,48	-
Σ MUFA	50,3	35,87	38,06	38,46	25,2
C18:2, n6c	4,4	12,42	12,09	12,13	3,6
C18:1, n6t	-	0,03	-	0,03	-
C18:3, n3	0,9	11,8	13,11	12,95	6,0
C18:3, n6	-	0,11	0,09	0,1	3,6
C18:4	1,5	0,74	0,76	0,71	1,1
C20:2	-	1,72	1,64	1,56	1,2
C20:3, n3	-	0,99	1,43	1,04	0,6
C20:3, n6	-	0,18	0,13	0,16	0,1
C20:4, n6	0,4	0,49	0,44	0,42	0,8
C20:5, n3 (EPA)	5,6	2,9	2,62	2,43	3,8
C22:2	-	0,28	0,27	0,25	-

Kwasy tłuszczowe	Udziały kwasów w tłuszczu z próbek (%)				
	Próbka O	Próbka A	Próbka B	Próbka C	Próbka D
C22:4 n6	-	-	-	-	-
C25:5, n3 (DPA)	2,1	3,92	3,73	3,65	5,8
C22:6, n3 (DHA)	9,0	10,05	9,17	9,99	26,8
Σ PUFA	23,9	45,63	45,48	45,42	53,4
EPA + DHA	14,6	12,95	11,79	12,42	30,6
Σ n-3 PUFA	20,4	29,66	30,06	30,06	43,0
Σ n-6 PUFA	5,2	13,2	12,75	12,81	8,1
Σ n-3/Σ n-6	3,92	2,25	2,36	2,35	5,31

Źródło: *Facts about fish. Seafood from Norway. Norwegian Seafood Export Council.*

Z porównywanych łososiowych surowców rybnych największy udział n-3 PUFA obserwowano w tłuszczu mięsa dzikiego łososa bałtyckiego 43%, natomiast w tłuszczu mięsa dzikiego łososa atlantyckiego udział tych kwasów jest na poziomie 20,4%. Biorąc pod uwagę, że udział sumy kwasów EPA i DHA w farmaceutycznych preparatach olejów rybnych jest na poziomie 20 - 30%, należy uznać, że tłuszcz, który można pozyskiwać z produktów ubocznych, powstających w trakcie przetwarzania łososi z akwakultury, stanowi dobre źródło wartościowych pod względem odżywczym n-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym: ALA, EPA i DHA.

W tabeli 9 przedstawiono wyniki badań zawartości witamin rozpuszczalnych w tłuszczach w olejach łososiowych wydzielonych na drodze wirowania, z różnych wymienionych w tabeli rozdrobnionych surowców.

Tabela 9. Zawartość witamin A, D₃, E rozpuszczalnych w tłuszczach w olejach łososiowych wydzielonych poprzez wirowanie rozdrobnionego określonego surowca

Pochodzenie oleju łososiowego	A	D ₃	E
	Zawartość [μg/g oleju]		
Olej odwirowany z surowej tkanki mięsnej	11,39	0,152	134,1
Olej odwirowany z wędzonych skór	80,08	0,200	80,99
Olej odwirowany z surowych skór	123,1	0,335	84,02

Przelicznik: Wit. A IU = 0,3 μg retinolu (witaminy A)

Wit. D₃ IU = 0,025 μg witaminy D₃

Analizując wyniki dotyczące witamin rozpuszczalnych w tłuszczu A, D₃, E, które zostały określone dla łososiowego oleju pochodzącego z tkanki mięsnej oraz skór surowych i wędzonych, możemy stwierdzić, że najwyższą zawartość witaminy A i D₃ uzyskano w oleju wydzielonym z surowych skór, zaś niższe wartości tych witamin uzyskano w oleju ze skór wędzonych, a najniższe w oleju z tkanki mięsnej. W przypadku witaminy

E sytuacja była odwrotna, największą ilością charakteryzował się olej wydzielony z tkanki mięsnej, natomiast oleje uzyskane ze skór surowych i wędzonych charakteryzowały się zbliżoną zawartością, ale niższą niż w oleju z tkanki mięsnej.

2.2.3.3. Zawartość mikro- i makroelementów w tkance kostnej kręgosłupów i głów

Kręgosłupy z łososi, po wstępnym oddzieleniu z nich mięsa przy pomocy łyżeczko-
wania, poddano obróbce termicznej - gotowaniu w wodzie - celem usunięcia pozostałości
tkanki mięsnej oraz płetw: ogonowej i grzbietowej. Tkanek kostną od mięsnej oddzielano
ręcznie. Po oddzieleniu mięsa dodatkowo przepłukano ją gorącą wodą. Uzyskana zawar-
tość tkanki kostnej po oddzieleniu tkanki mięsnej, po płukaniu i wstępnym osuszeniu na
bibule, wynosiła około 18,5% wyjściowej masy kręgosłupów.

Głowy również oczyszczono ręcznie, wycinając skrzela i usuwając oczy. Oczysz-
czone głowy, po wypłukaniu również wygotowano w wodzie. Po ręcznym oddzieleniu
mięsa dodatkowo przepłukano ją gorącą wodą i osuszono na bibule. Uzyskana zawar-
tość tkanki kostnej wyniosła około 22,4% w stosunku do surowych, pozbawionych skrzeli
i oczu, głów.

Uzyskane wyniki zawartości makro- i mikroelementów w tkance kostnej kręgosłu-
pów i głów przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Średnie zawartości składników mineralnych w tkance kostnej kręgosłupów i głów łososi
(mg/kg mokrej masy próbki) na podstawie analiz 10 próbek

Składnik	Ca	K	Na	Mg	P	Zn	Mn	Cr	Se
Kręgosłupy	157654 ±28621	2286 ±197	2261 ±214	1265 ±76	43782 ±1744	45,6 ±3,6	1,30 ±0,31	0,41 ±0,09	0,081 ±0,008
Głowy	94237 ±7261	1759 ±94	2125 ±155	850 ±116	25448 ±4505	59,47 ±10,5	2,32 ±0,38	0,59 ±0,20	0,146 ±0,011

Analiza wyników zestawionych w tabeli 10 zwraca uwagę na duże zróżnicowanie
zawartości poszczególnych składników mineralnych w tkankach kostnych z różnych części
anatomicznych ryb. Jest to istotna wada utrudniająca możliwość ich wykorzystywania do
otrzymywania preparatów parafarmaceutycznych o standardowym składzie chemicznym.

Stwierdzone zawartości wapnia, fosforu oraz magnezu i cynku w 50% odpowiadają
poziomowi tych pierwiastków w specjalistycznych weterynaryjnych preparatach mineral-
nych dla zwierząt.

Na podstawie badań naukowych dietetycy określili, jakie witaminy i składniki mi-
neralne są niezbędne w diecie człowieka i jakie jest zalecane ich dzienne spożycie. Różne
akty prawne UE i krajowe w różnej formie i zakresie regulują te kwestie, na przykład:

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 lipca 2007 r. w sprawie znakowa-
nia żywności wartością odżywczą wdrażające postanowienie dyrektywy Rady
90/496/EWG z dnia 24 września 1990 r. w sprawie oznaczania wartości odżyw-
czej środków spożywczych,

- Dyrektywa Rady z dnia 24 września 1990 r. w sprawie oznaczania wartości odżywczej środków spożywczych (90/496/EWG) (Dz.U. L 276 z 6.10.1990, str. 40 z późn. zm.).

W Załączniku I do powyższej dyrektywy zestawiono dane dotyczące witamin i składników mineralnych, których zawartość można podawać na środkach spożywczych oraz zalecane ich dzienne spożycie. Dane te przytoczone są w tabeli 11.

Tabela 11. Witaminy i składniki mineralne oraz ich dzienne zalecane spożycie (RDA)

Witaminy	RDA	Składniki mineralne	RDA
Witamina A (µg)	800	Chlorek (mg)	800
Witamina D (µg)	5	Wapń (mg)	800
Witamina E (mg)	12	Fosfor (mg)	700
Witamina K (µg)	75	Magnez (mg)	375
Witamina C (mg)	80	Żelazo (mg)	14
Tiamina (mg)	1,1	Cynk (mg)	10
Ryboflawina (mg)	1,4	Miedź (mg)	1
Niacyna (mg)	16	Mangan (mg)	2
Witamina B6 (mg)	1,4	Fluorek (mg)	3,5
Kwas foliowy (µg)	200	Selen (µg)	55
Witamina B12 (µg)	2,5	Chrom (µg)	40
Biotyna (µg)	50	Molibden (µg)	50
Kwas pantotenowy (mg)	6	Jod (µg)	150
		Potas (mg)	2 000

Źródło: Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 lipca 2007 r.

Przedstawione w tabeli 10 zawartości składników mineralnych w tkance kostnej kręgosłupów i głów łososiowych przeliczono na suchą masę i obliczono ich zawartość w 1 gramie potencjalnej drażetki otrzymując:

- potasu 4,87 mg/g suchej masy,
- wapnia 335,86 mg/g suchej masy (około 42% dziennego zalecanego spożycia),
- magnezu 2,69 mg/g suchej masy,
- fosforu 93,27 mg/g suchej masy (około 13% dziennego zalecanego spożycia),
- cynku 0,097 mg/g suchej masy,
- selenu 0,172 µg/g suchej masy.

Porównując uzyskane dane dotyczące składników mineralnych zawartych w tkance kostnej pochodzącej z kręgosłupów i głów z danymi z tabeli 11, zawierającymi dzienne zalecane spożycie składników mineralnych, można uznać, że kości kręgosłupów i głów łososiowych mogłyby być wykorzystywane jako ewentualne źródło naturalnego wapnia i fosforu.

2.3. Wnioski z analizy jakościowej produktów ubocznych

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz można stwierdzić, że:

- badania mikrobiologiczne produktów ubocznych z łososi oraz rozdrobnionego mięsa odzyskanego z kręgosłupów, pobranych z produkcji przemysłowej, potwierdzają spełnianie przez nie mikrobiologicznych kryteriów dla surowców żywnościowych,
- wartościowymi produktami ubocznymi, ze względu na wysoką zawartość w nich tłuszczu i możliwość pozyskania oleju łososiowego, są:
 - skóry po maszynowym odskórzaniu filetów wędzonych, zawierające około 40% tłuszczu,
 - ścinki brzuszne i grzbietowe po ręcznym trymowaniu filetów surowych, zawierające około 35% tłuszczu,
- skóry po mizdrowaniu, to jest po usunięciu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej, mogą być dobrym surowcem do otrzymywania kolagenu i/lub żelatyny. Świadczy o tym wysoka zawartość w nich hydroksyprowliny wynosząca 2,34%, odpowiadająca zawartości 35,7% białek kolagenowych,
- istnieje techniczno-technologiczna możliwość odzyskiwania rozdrobnionego mięsa łososiowego z kręgosłupów i innych produktów ubocznych. Czystość mikrobiologiczna i skład chemiczny rozdrobnionego mięsa łososi potwierdzają pełną przydatność tego surowca jako półproduktu do produkcji rynkowych wyrobów żywnościowych,
- olej łososiowy uzyskany z łososi hodowlanych zawiera w swym składzie pożądane wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 i omega-6 oraz rozpuszczalne w tłuszczu witaminy A, D i E.
- stwierdzony udział najbardziej pożądanych kwasów EPA - eikozapenteanowego (C 20:5 n-3) i DHA - dekozaheksaenowego (C 22:6 n-3) w oleju rybnym pochodzącym z łososi hodowlanych jest niższy niż w przypadku łososi dzikich (bałtyckich i atlantyckich),
- wysuszona i rozdrobniona tkanka kostna pozyskiwana z kręgosłupów i głów łososi, szczególnie ze względu na stosunkowo wysoką zawartość wapnia - 335,86 mg/g suchej masy (około 42% dziennego zalecanego spożycia) i fosforu - 93,27 mg/g suchej masy (około 13% dziennego zalecanego spożycia), może być interesującym źródłem naturalnych preparatów mineralnych.

3. Kryteria i wymogi jakościowe produktów ubocznych z łososi pod względem przydatności technologicznej do wytwarzania produktów żywnościowych, suplementów diety oraz produktów paszowych i technicznych

Na wybór kryteriów i wymagań jakościowych służących do oceny i kwalifikacji poszczególnych rodzajów produktów ubocznych z łososi pod względem przydatności technologicznej do przetwarzania na produkty żywnościowe, suplementy diety lub inne produkty, w tym paszowe i techniczne, wpływają przede wszystkim:

- formalne wymagania weterynaryjne określone w obowiązujących regulacjach prawnych Unii Europejskiej dotyczących kryteriów wykorzystywania produktów rybołówstwa na cele żywnościowe, do produkcji oleju rybnego przeznaczonego dla ludzi, żelatyny, kolagenu i innych produktów określonych w prawie,
- wyjściowa świeżość i jakość surowców będących produktami rybołówstwa, określana na podstawie badań zmian świeżości i jakości oraz badań trwałościowych, prowadzonych z zastosowaniem oceny sensorycznej, wybranych wskaźników chemicznych i mikrobiologicznych,
- sposób i warunki przechowywania surowców, w tym kontrola temperatury, stan higieniczno-sanitarny otoczenia i powierzchni stykających się z surowcem, zabezpieczenie przed szkodnikami oraz zagrożeniami fizycznymi, chemicznymi i wtórnym skażeniem mikrobiologicznym; pomocne w tym zakresie jest posiadanie przez zakład systemu opartego na zasadach HACCP,
- rodzaj produktów rybołówstwa stanowiących surowce odpadowe z łososi oraz ich potencjalna przydatność technologiczna do przetwarzania na innowacyjne produkty,
- stosowanie dobrej praktyki produkcyjnej (GMP) i higienicznej (GHP) w postępowaniu z wymienionymi surowcami w zakresie manipulacji załadunkowych i rozładunkowych oraz warunków transportu do miejsca dalszego przetwarzania.

3.1. Kryteria formalne zawarte w wymaganiach prawa krajowego i unijnego w zakresie wykorzystywania produktów rybołówstwa na cele żywnościowe i inne przewidziane w projekcie

Kryteria dotyczące produktów rybołówstwa w zakresie warunków weterynaryjnych produkcji i bezpieczeństwa wytwarzania, między innymi: produktów z mechanicznie odkostnionego mięsa przeznaczonych dla ludzi, oleju rybnego do spożycia przez ludzi, przetworzonych produktów rybołówstwa takich jak żelatyna i kolagen oraz produktów paszowych, regulują stosowne akty prawne Unii Europejskiej oraz krajowe przepisy zawarte w następujących aktach prawnych:

- *Ustawa z dnia 16 grudnia 2005 r. o produktach pochodzenia zwierzęcego* (Dz. U. Nr 17, 2006 r., poz. 127 z późn. zm.) – określa wymagania w zakresie warunków

weterynaryjnych i wykonuje postanowienia przepisów unijnych zawierających szczegółowe wymagania w przedmiotowym zakresie.

- *Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r.* ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności (Dz. U. L 31 z 1.02.2002 r., str. 1–24, z późn. zm.) – zawiera najważniejsze przepisy dotyczące bezpieczeństwa żywności.
- *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r.* określające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 (Dz. U. L 300 z 14.11.2009 r.). Rozporządzenie to z dniem 4 marca 2011 r. uchyliło rozporządzenie (WE) nr 1774/2002.
- *Rozporządzenie Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r.* w sprawie wykonania rozporządzenia (WE) nr 1069/2009 oraz dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach (Dz. U. L 54 z 26.02.2011 r., str. 1).
- *Rozporządzenie (WE) nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r.* w sprawie higieny środków spożywczych (Dz. U. L 139 z 30.04.2004 r., str. 1–54, z późn. zm.) – określa ogólne wymagania dotyczące całej żywności.
- *Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r.* ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego (Dz. U. L 139 z 30.04.2004 r., str. 55–205, z późn. zm.) – stanowi uszczegółowienie wymagań rozporządzenia 852/2004 i jest najważniejszym przepisem w zakresie szczegółowych wymagań dotyczących poszczególnych kategorii żywności pochodzenia zwierzęcego. Stosuje się je do nieprzetworzonych i przetworzonych produktów pochodzenia zwierzęcego zdefiniowanych w Załączniku I do tego rozporządzenia.
- *Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r.* w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych (Dz. U. L 338 z 22.12.2005 r., str. 1–26, z późn. zm.) – obowiązuje od 1 stycznia 2006 r., ustanawia kryteria mikrobiologiczne dla niektórych mikroorganizmów oraz przepisy wykonawcze obowiązujące przedsiębiorstwa sektora spożywczego przy wdrażaniu zasad higieny określonych w rozporządzeniu (WE) nr 852/2004.
- *Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2074/2005 z dnia 5 grudnia 2005 r.* ustanawiające środki wykonawcze w odniesieniu do niektórych produktów objętych rozporządzeniem (WE) nr 853/2004 (Dz. U. L 338 z 22.12.2005 r., str. 27, z późn. zm.) – podaje w załącznikach szczegółowe wymagania uzupełniające do wymienionych rozporządzeń.

Poniżej przedstawiono najważniejsze formalnoprawne kryteria i wymagania jakościowe zawarte w Załączniku III do rozporządzenia 853/2004, dotyczące zasad dobrej praktyki postępowania oraz kryteriów jakości i bezpieczeństwa żywności.

Produkty rybołówstwa

Podstawowym kryterium jakości (rozporządzenie 853/2004) jest zachowanie łańcucha chłodniczego na wszystkich etapach magazynowania i przetwarzania środków spożywczych. Surowiec należy jak najszybciej schłodzić do temperatury topniejącego lodu, przyjmowanej w praktyce jako 0–4°C, choć wymagania odbiorców często określają ten zakres jako 0–2°C. Analogiczne wymogi dotyczą kolejnych etapów postępowania z produktami rybołówstwa, to jest operacji obróbki wstępnej ryb oraz warunków przechowywania i transportu przy zachowaniu odpowiednich temperatur. W przypadku ryb mrożonych konieczne jest zapewnienie temperatury poniżej -18°C w możliwie najkrótszym czasie oraz utrzymanie jej przez cały okres składowania.

Przepisy prawne dla branży rybnej nie określają minimalnych wymagań higienicznych procesu w zakresie produktów objętych projektem. Jedynym mikrobiologicznym kryterium bezpieczeństwa żywności, zgodnie z rozporządzeniem 2073/2005, jest kryterium dotyczące *Listeria monocytogenes* w żywności gotowej do spożycia, w której możliwy jest wzrost tego mikroorganizmu:

- 100 jtk/g produktu wprowadzanego do obrotu w ciągu okresu przydatności do spożycia – producent musi wykazać, że produkt nie przekroczy tego limitu przez cały ten okres,
- nieobecność w 25 g dla produktów przed opuszczeniem bezpośredniej kontroli przedsiębiorstwa sektora spożywczego – kryterium to stosuje się, gdy producent nie jest w stanie wykazać w sposób satysfakcjonujący dla właściwego organu, że produkt nie przekroczy limitu 100 jtk/g w całym okresie przydatności do spożycia.

Jakość produktu jest zadowalająca, jeśli we wszystkich próbkach nie stwierdzono obecności bakterii; stwierdzenie obecności nawet w jednej próbce dyskwalifikuje produkt.

Dodatkowym wskaźnikiem jakości jest zawartość całkowitego azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA), określona w rozporządzeniu 2074/2005. Nieprzetworzone produkty rybołówstwa uznaje się za niezdatne do spożycia przez ludzi, jeżeli ocena organoleptyczna budzi wątpliwości co do ich świeżości, a wyniki badań chemicznych wykazują przekroczenie 35 mg azotu/100 g mięsa dla gatunków wymienionych w rozporządzeniu, w tym dla łososia atlantyckiego (*Salmo salar*).

Ważnymi kryteriami są również wymagania określone w rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 z późn. zm., dotyczące najwyższych dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń, w tym zawartości:

- ołowiu w mięsie ryb – 0,30 mg/kg świeżej masy,
- kadmu w mięsie ryb – 0,050 mg/kg świeżej masy,
- rtęci w mięsie ryb i produktach rybołówstwa – 0,50 mg/kg świeżej masy (z wyjątkami dla gatunków wskazanych w rozporządzeniu),
- cyny nieorganicznej w żywności w puszkach – 200 mg/kg świeżej masy,
- dioksyn i PCB w mięsie ryb i produktach rybołówstwa:
 - 3,5 pg/g świeżej masy jako suma dioksyn (WHO-PCDD/F-TEQ),
 - 6,5 pg/g świeżej masy jako suma dioksyn i dioksynopodobnych PCB (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ),
 - 75 ng/g świeżej masy jako suma niedioksynopodobnych PCB,

- WWA w wędzonych produktach rybołówstwa:
 - 2,0 µg/kg dla benzo(a)pirenu,
 - 12,0 µg/kg dla sumy 4 WWA.

Produkty z mechanicznie odkostnionego mięsa

Do wytwarzania produktów z mechanicznie odkostnionego mięsa można używać świeżych całych ryb, uprzednio wypatroszonych i umytych, a także pozostałości po filetowaniu, na przykład kręgosłupów, z tym zastrzeżeniem, że żaden z wykorzystywanych surowców nie może zawierać narządów wewnętrznych. W przypadku pozostałości po filetowaniu zaleca się przeprowadzenie mechanicznego odkostnienia bezpośrednio po operacji filetowania. Uzyskane rozdrobnione mięso należy możliwie szybko zamrozić lub skierować do dalszego przetwórstwa z zastosowaniem innej formy obróbki stabilizującej, na przykład sterylizacji w procesie produkcji konserw.

Olej rybny

Olej rybny może być wytwarzany z produktów ubocznych nadających się do spożycia przez ludzi (rozporządzenie 853/2004, Załącznik III, Sekcja VIII, Rozdz. IV, część B), spełniających odnośne przepisy, transportowanych i przechowywanych w warunkach higienicznych, możliwie najszybciej schłodzonych do temperatury bliskiej temperaturze topniejącego lodu (0–2°C) lub zamrożonych w temperaturze poniżej -18°C. W drodze odstępstwa surowiec nie musi być schładzany, jeżeli całe produkty rybołówstwa są przeznaczone do wytworzenia oleju rybnego dla ludzi i zostaną przetworzone w ciągu 36 godzin od załadunku. Warunkiem jest wówczas spełnienie kryteriów świeżości, a wartość N-LZA nieprzetworzonych produktów rybołówstwa nie może przekraczać 60 mg azotu/100 g całych produktów rybołówstwa, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań wynikających z rozporządzenia 853/2004.

Proces produkcyjny musi gwarantować, że wszystkie surowce zostaną poddane odpowiedniej obróbce przed wprowadzeniem do obrotu, obejmującej w stosownych przypadkach: ogrzewanie, tłoczenie, rozdzielanie, odwirowywanie, rafinację i oczyszczanie.

Wymagania dotyczące najwyższych dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń w oleju rybnym (rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z późn. zm.) obejmują:

- dioksyne i polichlorowane bifenyle o działaniu podobnym do dioksyn w olejach z organizmów morskich:
- 2,0 pg/g tłuszczu jako suma dioksyn (WHO-PCDD/F-TEQ),
- 10,0 pg/g tłuszczu jako suma dioksyn i dioksynopodobnych PCB (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ),
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w olejach i tłuszczach przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi:
 - 2,0 µg/kg dla benzo(a)pirenu,
 - 10,0 µg/kg dla sumy 4 WWA.

Surowce do wytwarzania oleju rybnego przeznaczonego dla ludzi muszą ponadto:

- pochodzić wyłącznie z zakładów zarejestrowanych lub zatwierdzonych przez nadzór weterynaryjny (zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 852/2004),
- być pozyskiwane z produktów rybołówstwa nadających się do spożycia przez ludzi,
- być gromadzone, transportowane i przechowywane w warunkach higienicznych,
- być możliwie szybko schładzane.

Kluczowym warunkiem jest spełnienie kryterium świeżości surowca, potwierdzonego oceną organoleptyczną.

Żelatyna

Do produkcji żelatyny (Sekcja XIV Załącznika III do rozporządzenia 853/2004) mogą być używane skóry i ości rybnie, przechowywane i transportowane w stanie schłodzonym, chyba że zostaną przetworzone w ciągu 24 godzin od wysyłki. Proces produkcji musi obejmować jedno lub więcej płukanie surowca poddanego działaniu kwasu lub zasady, a następnie regulację pH. Żelatynę uzyskuje się przez jednokrotne lub wielokrotne ogrzewanie surowca, po którym następuje oczyszczanie metodą filtracji i obróbki termicznej.

Produkt gotowy musi spełniać wymagania dotyczące zawartości:

As 1 ppm, Pb 5 ppm, Cd 0,5 ppm, Hg 0,15 ppm, Cr 10 ppm, Cu 30 ppm, Zn 50 ppm, SO₂ 50 ppm, H₂O₂ 10 ppm.

W zakresie kryteriów mikrobiologicznych określono wyłącznie limit dla *Salmonelli* (Załącznik I do rozporządzenia 2073/2005): *Salmonella* nieobecna w 25 g żelatyny przed opuszczeniem bezpośredniej kontroli przedsiębiorstwa sektora spożywczego. Stwierdzenie obecności bakterii nawet w jednej próbce dyskwalifikuje produkt.

Surowce do produkcji żelatyny spożywczej muszą pochodzić z zakładów zarejestrowanych lub zatwierdzonych przez nadzór weterynaryjny zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 852/2004.

Kolagen

Do produkcji kolagenu (Sekcja XV Załącznika III do rozporządzenia 853/2004) mogą być używane skóry i ości rybnie, przechowywane i transportowane w stanie schłodzonym, chyba że zostaną przetworzone w ciągu 24 godzin od wysyłki. Proces produkcji musi obejmować: mycie, dostosowanie pH przy użyciu kwasu lub zasady, jedno lub dwa płukania, filtrację i ekstruzję lub zatwierdzony równoważny proces. Etap ekstruzji nie jest stosowany przy wytwarzaniu kolagenu o niskiej masie cząsteczkowej z surowców od zwierząt innych niż przeżuwacze.

Wymagania dotyczące składu gotowego produktu są tożsame z wymaganiami dla żelatyny (As 1 ppm, Pb 5 ppm, Cd 0,5 ppm, Hg 0,15 ppm, Cr 10 ppm, Cu 30 ppm, Zn 50 ppm, SO₂ 50 ppm, H₂O₂ 10 ppm). Kryterium mikrobiologiczne jest analogiczne: *Salmonella* nieobecna w 25 g kolagenu.

Surowce do produkcji kolagenu muszą spełniać te same wymagania dotyczące pochodzenia, przechowywania i transportu co surowce do produkcji żelatyny.

Rozporządzenie 2074/2005 w Załączniku II, Sekcja II, Rozdział I określa dopuszczalne wartości N-LZA dla produktów rybołówstwa oraz metody analityczne, które należy stosować. W zakresie produktów objętych projektem istotne są limity określone w ust. 1 lit. c) i d):

- nieprzetworzone produkty z łososia, przy zachowaniu zgodności oceny organoleptycznej, nie mogą zawierać więcej niż **35 mg azotu LZA/100 g mięsa**,
- produkty przeznaczone bezpośrednio do produkcji oleju rybnego nie mogą przekraczać limitu **60 mg azotu LZA/100 g całych produktów rybołówstwa**, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań wynikających z rozporządzenia 853/2004.

3.2. Kryteria zawarte w wymaganiach dobrowolnych norm i standardów w zakresie oceny świeżości łososi hodowlanych

Podczas oceny świeżości produktów ubocznych z łososi przeznaczonych do dalszego przetwórstwa można korzystać z wymagań klasyfikacyjnych zawartych w nieobligatoryjnej normie krajowej PN-A-86754:1997 *Ryby i inne zwierzęta wodne. Łososie świeże i mrożone* oraz ze skandynawskiej Metody Indeksu Jakości (ang. Quality Index Method – QIM).

Metoda QIM, opracowana przez skandynawskich naukowców na podstawie systemu przygotowanego przez australijski Tasmania Food Research Unit (Sveinsdottir i in. 2002), służy do szybkiej i prostej oceny jakości ryb oraz wyznaczania pozostałego okresu przydatności do spożycia. Metoda opiera się na ocenie określonej liczby wyróżników jakościowych, charakterystycznych dla danego gatunku ryb, którym przyznaje się punkty odpowiednio do stanu jakości i świeżości badanej ryby. Dla łososi hodowlanych parametry jakościowe zostały opracowane i opublikowane w latach 2002 i 2003 (Sveinsdottir i in. 2002, 2003). Zestawiono je w tabeli 12. Łączna suma punktów uzyskana w 11 szczegółowych parametrach jakości stanowi Indeks Jakości (Quality Index – IQ).

Tab. 12. System QIM opracowany dla łososi hodowlanych (Sveinsdottir i in. 2002)

Parametr jakości	Szczegółowy parametr jakości	Opis	Punkty
Skóra	Barwa/wygląd	Perłowo-błyszcząca na całej skórze	0
		Skóra jest mniej perłowo-błyszcząca	1
		Ryba jest żółtawa, głównie w okolicach brzucha	2
	Śluz	Jasny, nie skrzepnięty	0
		Mleczny, skrzepnięty	1
		Żółty i skrzepnięty	2
	Zapach	Świeży wodorostowy, neutralny	0
		Ogórkowy, metaliczny, zapach siana,	1
		Kwaśny, ścierki do naczyń	2
		Zgniły	3
	Tekstura	Rigor mortis - stężenie pośmiertne	0
		Odcisk palca znika natychmiast	1
		Odcisk palca pozostaje powyżej 3 sek.	2
Oczy	Żrenice	Jasne i czarne, metalicznie błyszczące	0
		Ciemno szare	1
		Matowo szare	2
	Kształt oczu	Wypukłe	0
		Płaskie	1
		Wklęsłe	2
Skrzela ^a	Barwa/wygląd	Czerwone/Ciemno brązowe	0
		Bładoczerwone, różowe/jasno brązowe	1
		Szaro-brązowe, siwe, zielone	2
	Śluz	Przezroczysty	0
		Mleczny, skrzepnięty	1
		Brązowy, skrzepnięty	2
	Zapach	Świeży, wodorostowy	0
		Metaliczny, ogórkowy	1
		Kwaśny, spleśniały	2
Zgniły		3	
Brzuch Jama ciała	Krew w jamie ciała	Bez obecności jasno czerwonej krwi	0
		Krew bardziej brązowa	1
	Zapach	Neutralny	0
		Ogórkowy, melonowy	1
		Kwaśny, Fermentujący	2
		Zgniły/ Zgniłej kapusty	3
Łączny indeks jakości 0-24			

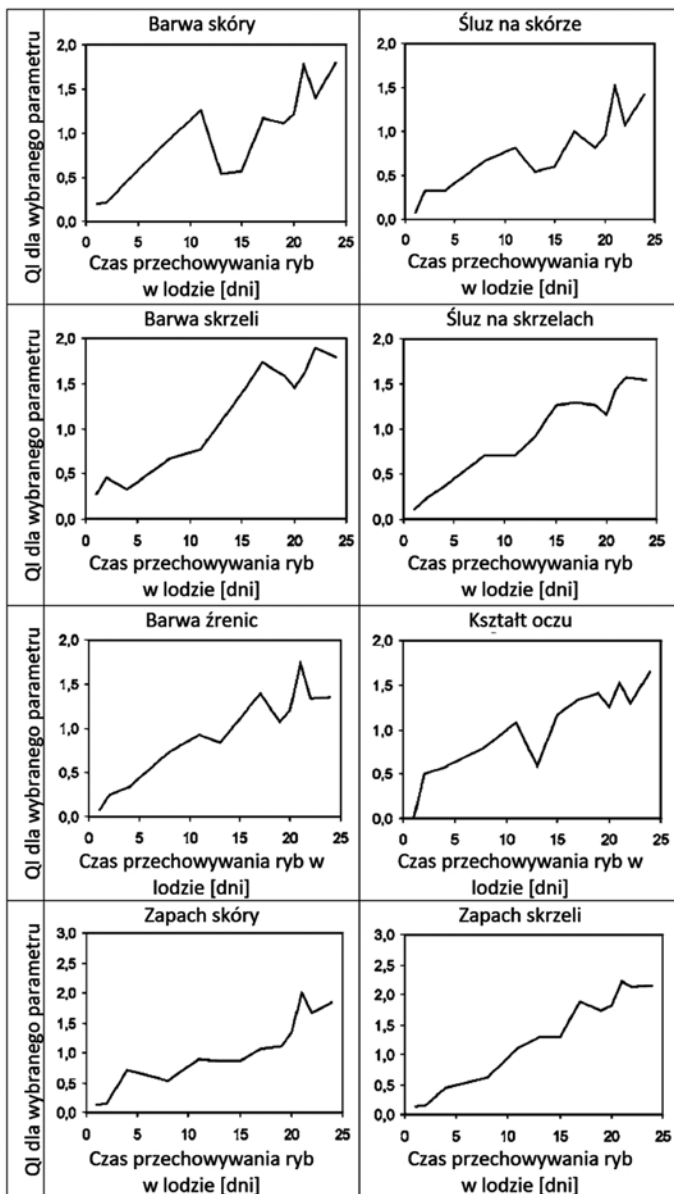
^a) - należy sprawdzić stronę, na której skrzela nie zostały przecięte Sveinsdottir i in. (2002)

wykazali liniową zależność między wartością całkowitego IQ a liczbą dni przechowywania ryby w lodzie:

$$IQ = 0,6921 t + 1,5676, R^2 = 0,9533$$

gdzie t – czas przechowywania ryb w lodzie [dni].

Wykorzystując tę zależność dla wszystkich 11 szczegółowych parametrów jakości lub opracowując krzywą regresji dla wybranej liczby parametrów można przewidzieć okres trwałości produktu podczas jego przechowywania w lodzie.



Rys. 20. Wybrane parametry oceny jakości łososią hodowlanego.
(Sveinsdottir K. i in. 2002; tłumaczenie własne)

Na rysunku 20 pokazano zmiany pojedynczego wyniku QI dla wybranych 8 z 11 parametrów jakości ryb, podczas ich przechowywania w lodzie. Wybrane parametry mogą zostać wykorzystane przy ocenie jakości produktów ubocznych takich, jak: skóry czy głowy łososiowe. Informacje te mogą być wykorzystywane do określania pozostałego czasu przechowywania łososi w lodzie.

Należy podkreślić, iż Sveinsdottir i inni (*ibidem*) określili na podstawie przeprowadzonych badań maksymalny czas przechowywania łososi hodowlanych w lodzie na 20 dni.

3.3. Kryteria i wymagania jakościowe produktów ubocznych z łososi uwzględniające wyniki badań trwałościowych

Niezależnie od wyników badań trwałościowych należy pamiętać, że im krótszy czas przechowywania produktów ubocznych, tym wyższa ich świeżość i jakość. Należy zatem dążyć do możliwie najszybszego przetworzenia produktów ubocznych od chwili ich powstania w procesie przetwórstwa łososi.

Wyniki badań trwałościowych produktów ubocznych z łososi (głów, kręgosłupów i skór) podczas chłodniczego przechowywania w temperaturach od -1°C do $+4^{\circ}\text{C}$ wskazują na możliwość wstępnego zabezpieczenia tych surowców przed dalszym ich przetworzeniem. Badania wykazały pewne zróżnicowanie tempa niekorzystnych zmian zachodzących w poszczególnych rodzajach produktów ubocznych. W głowach łososi – prawdopodobnie ze względu na obecność skrzel i towarzyszące im procesy biochemiczne – wskaźniki chemiczne (pH i N-LZA) oraz ocena organoleptyczna (kwaśny zapach) najwcześniej wskazywały na pogorszenie jakości.

Głowy

W zależności od planowanego kierunku wykorzystania głów jako surowca do dalszego przerobu przyjmuje się, że:

- przy przeznaczeniu do przetwórstwa na produkty spożywcze (np. zupy rybne, konserwy rybne) maksymalny czas chłodniczego przechowywania nie powinien przekraczać 12 dób od uboju łososi i 8 dób od chwili przetwórstwa, o ile przetwórstwo nastąpiło nie później niż po 4 dobach od uboju,
- w praktyce przemysłowej, z uwzględnieniem marginesu bezpieczeństwa, zaleca się skrócenie tych terminów odpowiednio do 10 dób od uboju i 6 dób od przetwórstwa,
- przy przeznaczeniu do produkcji żelatyny, kolagenu lub do odzyskiwania makro- i mikroelementów z tkanki kostnej maksymalny czas przechowywania może być dłuższy i wynosi 16 dób od uboju łososi, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań formalno-prawnych określonych w regulacjach UE.

Kręgosłupy

W zależności od planowanego kierunku wykorzystania kręgosłupów przyjmuje się, że:

- odzyskiwanie surowego mięsa z kręgosłupów z przeznaczeniem do wyrobów garmażeryjnych lub dań gotowych powinno odbywać się tego samego dnia, bezpośrednio po operacji filetowania; odzyskane mięso należy tego samego dnia zamrozić lub skierować do dalszego przetwórstwa; deklarowana trwałość zamrożonego rozdrobnionego mięsa w blokach, zabezpieczonego przed wysychaniem i przechowywanego w temperaturze poniżej -18°C , wynosi 12 miesięcy,
- przy przeznaczeniu do przetwórstwa na produkty spożywcze (np. zupy rybne, konserwy rybne) maksymalny czas chłodniczego przechowywania nie powinien przekraczać 12 dób od uboju i 8 dób od przetwórstwa, o ile przetwórstwo nastąpiło nie później niż po 4 dobach od uboju,
- w praktyce przemysłowej, z uwzględnieniem marginesu bezpieczeństwa, zaleca się skrócenie tych terminów do 10 dób od uboju i 6 dób od przetwórstwa,
- przy przeznaczeniu do produkcji żelatyny, kolagenu lub do odzyskiwania makro- i mikroelementów maksymalny czas przechowywania może wynosić 16 dób od uboju, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań formalnoprawnych UE.

Skóry wędzone

Przy przeznaczeniu skór wędzonych do dalszego przerobu (np. oleju rybnego, żelatyny, kolagenu) maksymalny czas chłodniczego przechowywania może wynosić do 16 dób od uboju łososi, co wynika z konserwującego działania dymu wędzarniczego. Surowiec musi przy tym spełniać wymagania formalnoprawne określone w regulacjach UE.

Przechowywanie zamrażalnicze produktów ubocznych

Z technologiczno-technicznego punktu widzenia nie istnieją przeciwwskazania do mrożenia i przechowywania w stanie zamrożonym głów, kręgosłupów i skór z łososi. Produkty te można mrozić w postaci bloków w kontaktowych pionowych szafach zamrażalniczych, a następnie zabezpieczać przed wysychaniem przez glazurowanie i szczelne pakowanie.

Na podstawie danych dotyczących deklarowanego okresu przechowywania zamrożonych łososi patroszonych z głowami oraz filetów łososiowych można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że tak zamrożone produkty uboczne zachowają przydatność do wykorzystania przez **12 miesięcy** przechowywania w temperaturze poniżej -18°C .

3.4. Wytyczne praktyczne w zakresie odbioru produktów ubocznych z przeznaczeniem do dalszego przetwórstwa

Na podstawie uzyskanych wyników badań oraz uwzględniając wymagania formalnoprawne, możliwe do zastosowania normy i standardy oceny świeżości łososi hodowlanych, a także rozwiązania systemowe, organizacyjne i techniczno-technologiczne, proponuje się stosowanie w przedsiębiorstwach odbierających produkty uboczne (głowy, kręgosłupy, skóry) następujących kryteriów oceny jakości i trwałości:

- podstawą oceny świeżości i jakości surowca do produkcji pasz jest ocena organoleptyczna (wygląd i zapach surowca) oraz pomiar temperatury, dokonywane przez przeszkolonego kierowcę u dostawcy przed załadunkiem każdej partii do samochodu chłodniczego – zgodnie z instrukcją “Przyjęcie surowca rybnego od dostawcy”. Wyniki zapisuje się w formularzu “Przyjęcie i ocena jakości surowca rybnego od dostawcy”.
- okresowe kontrole sprawdzające jakość dostarczonego surowca są dokonywane przez Szefa Produkcji lub Kierownika Kontroli Jakości i obejmują: ocenę organoleptyczną (wygląd i zapach), pomiary temperatury oraz pH surowca w chwili rozładunku.

Przyjęte wartości pH wynoszą:

- dla surowych głów i kręgosłupów: 6,5–7,0,
- dla skór wędzonych: 6,1–6,35. Przyjmowany surowiec nie może wykazywać istotnych oznak pogorszenia jakości i świeżości; dopuszczalny jest jedynie słabo wyczuwalny zapach kwaśny.

W uzasadnionych przypadkach (zastrzeżenia dotyczące świeżości surowca) przewiduje się zlecenie badań zawartości N-LZA w laboratorium MIR lub innym wiarygodnym laboratorium. Zaleca się, aby zawartość N-LZA:

- przy przetwarzaniu na produkty żywnościowe: poniżej 35 mg/100 g surowca,
- przy przeznaczeniu do produkcji oleju rybnego dla ludzi: poniżej 60 mg/100 g surowca.

Zalecane temperatury przechowywania i transportu surowców (głów, kręgosłupów, skór): poniżej 4°C, korzystnie bliskie 0°C; czas przechowywania w zakładzie, w którym powstały surowce – nie dłuższy niż 48 godzin.

W magazynie firmy przetwarzającej surowce zapewnia się temperaturę przechowywania od -1°C do maksymalnie 4°C; czas oczekiwania na przerób – do 24 godzin.

4. Możliwości wykorzystania mięsa odzyskiwanego w procesach przetwarzania łososi

Wyniki badań wydajności odzyskiwania czystego mięsa z kręgosłupów po filetowaniu przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Bilans masowy odzyskiwania mięsa z kręgosłupów po filetowaniu

Sposób odzyskiwania	Średnia wydajność odzyskiwania mięsa [%] (względem masy kręgosłupa po filetowaniu)
Łyżeczkowanie	20
Separacja ciśnieniowa po łyżeczkowaniu	37,8
Separacja ciśnieniowa	58,9
Pozostałości kostne	36,6

Czyste rozdrobnione mięso łososi odzyskiwane przez ręczne zeszkrobwanie (łyżeczkowanie) z kostnych części ryb – głównie kręgosłupów po filetowaniu – charakteryzuje się intensywną, pomarańczowołososiową barwą, zapachem typowym dla świeżego mięsa łosia oraz zwartą konsystencją. Wydajność tego procesu w warunkach przemysłowych wynosi 3–4% w stosunku do masy łososi całych, patroszonych z głowami.

Mięso odzyskiwane metodą łyżeczkowania nie różni się pod względem cech sensorycznych, składu chemicznego ani wartości odżywczych od mięsa w filetach łososiowych. Ma postać skrawków mięsa rybiego i może być stosowane jako składnik konserw rybnych lub wyrobów garmażeryjnych.

Nieco innymi właściwościami charakteryzuje się rozdrobnione mięso uzyskiwane w drodze mechanicznej separacji z kręgosłupów po uprzednim łyżeczkowaniu, z udziałem ścinków grzbietowych i brzusznych powstających podczas trzymowania filetów łososiowych ze skórą. Ze względu na skład surowca wyjściowego mięso to zawiera więcej zanieczyszczeń, takich jak fragmenty błon, skóry i włókien. Łosioszara barwa i smarna konsystencja uzyskanego produktu sprawiają, że jego wygląd ogólny jest mniej atrakcyjny. Wydajność w warunkach przemysłowych wynosi około 4%.

Mięso pozyskiwane metodą separacji ciśnieniowej charakteryzuje się:

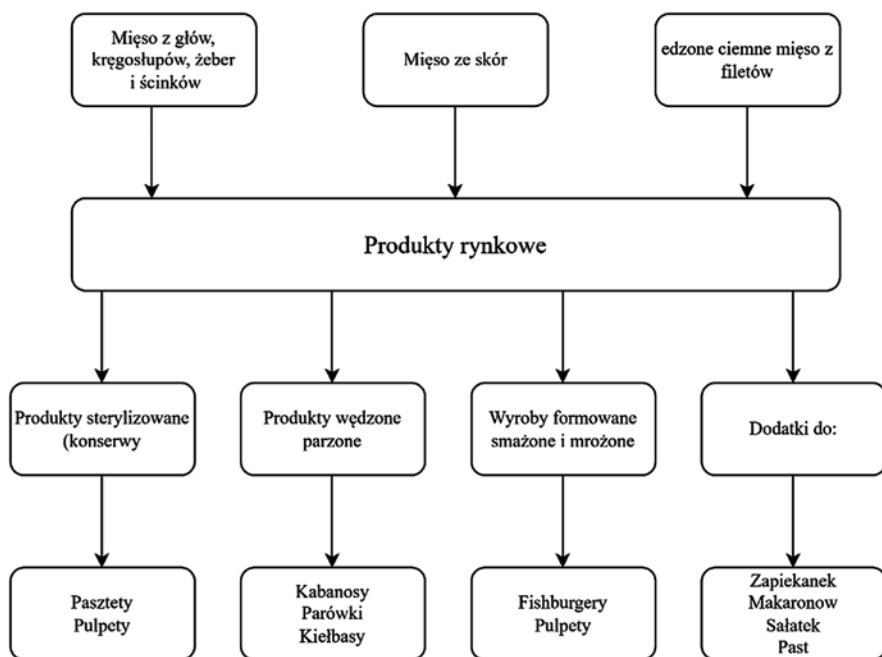
- znacznym stopniem rozdrobnienia,
- wyższą zawartością tłuszczu niż zwykłe mięso,
- możliwą obecnością resztek kostnych w masie,
- zwiększoną podatnością na utlenianie.

Mimo znacznego rozdrobnienia mięso to może być z powodzeniem stosowane do wytwarzania trzech grup produktów:

- mrożonych wyrobów formowanych, panierowanych i podsmażanych,
- sterylizowanych konserw rybnych (pulpetów w sosie, pasztetów),
- przerzutowanych wędlin rybnych (kabanosów podwędzanych i podsuszanych oraz parówek).

Przy opracowaniu koncepcji wykorzystywania na cele spożywcze różnych typów mięsa, jakie można odzyskiwać z odpadów technologicznych z przetwórstwa łososi uwzględniono zróżnicowanie ich składu chemicznego, cech sensorycznych oraz właściwości technologicznych. Założono, że odzyskiwane mięso może być wykorzystywane do wytwarzania różnych produktów spożywczych jako główny surowiec rybny, albo jako składnik dodatkowy, poprawiający jakość produktów rybnych wytwarzanych na bazie innych surowców rybnych.

Ogólną koncepcję możliwego zakresu i sposobów wykorzystania mięsa odzyskiwanego z odpadów technologicznych z przetwórstwa łososi przedstawiono na rysunku 21.



Rys. 21. Schemat możliwych kierunków wykorzystania rozdrobnionego mięsa łososiowego na jadalne produkty rynkowe

W ramach projektu na bazie rozdrobnionego mięsa odzyskanego z produktów ubocznych z łososi wyprodukowano w warunkach przemysłowych partie informacyjne wyrobów rynkowych. Wytypowano i poprzedzono próbami technologicznymi możliwe do wdrożenia w zakładach produkcyjnych różniących się wyposażeniem technicznym trzy grupy produktów:

- mrożone wyroby formowane, panierowane i podsmażane typu fishburgery,
- sterylizowane konserwy rybne typu pulpety w sosie i typu pasztety,
- prezerwy - wędliny typu podwędzane i podsuszane kabanosy oraz parówki.

4.1. Wyroby formowane smażone i mrożone

4.1.1. Fishburgery

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano i wykonano farsze do produkcji dwóch rodzajów fishburgerów.

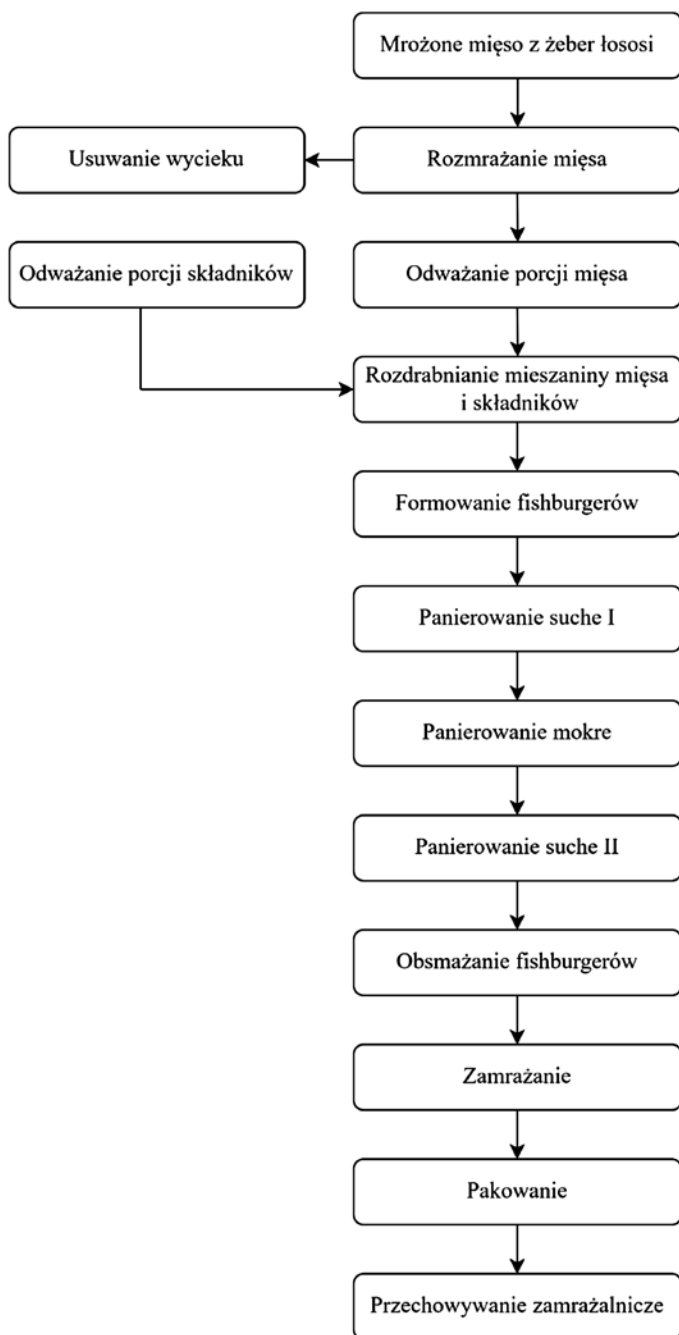
Ważnymi składnikami farszów, ze względu na ich teksturę, jest udział w nich określonej skrobi modyfikowanej i jej ilość. W niżej wymienionych produktach zastosowano:

- w burgerach łososiowych skrobię modyfikowaną M 5053 na poziomie 8,1%,
- w burgerach łososiowo-warzywnych skrobię modyfikowaną M 5070 na poziomie 6,6%.

Skład farszów wykorzystanych do produkcji burgerów łososiowych oraz łososiowo-warzywnych był następujący:

- skład fishburgerów łososiowych:
- surowe rozdrobnione mięso z żeber łososi - 81,3%,
- bułka tarta - 5,1%,
- mąka pszenna - 2,0%,
- skrobia modyfikowana M 5053 - 8,1%,
- cebula suszona - 2,4%,
- pieprz naturalny - 0,7%,
- sól - 0,4%.
- skład fishburgerów łososiowo-warzywnych:
- surowe rozdrobnione mięso z żeber łososi - 68,5%,
- bułka tarta - 4,9%,
- mąka pszenna - 1,97%,
- skrobia modyfikowana M 5070 - 6,6%,
- pieprz naturalny - 0,47%,
- sól - 0,16%,
- cebula - 2,6%,
- bukiet podstawowych warzyw (marchew, por, seler) - kostka mrożona - 14,8%.

Partię wyrobów na bazie wymienionych receptur wyprodukowano w warunkach przemysłowych. Schemat procesu ich produkcji jest przedstawiony na rysunku 22, a poszczególne etapy produkcji na rysunkach 23 - 28.



Rys. 22. Schemat procesu wytwarzania fishburgerów z mięsa odzyskanego z żeber łososiowych po ręcznej obróbce filetów



Rys. 23. Uformowane fishburgery na linii produkcyjnej
(fot. MIR-PIB)



Rys. 24. Fishburgery po obsypaniu drobno mieloną tartą bułką (panierowanie suche I)
(fot. MIR-PIB)



Rys. 25. Panierowanie mokre
(fot. MIR-PIB)



Rys. 26. Fishburgery po obsypaniu grubym panierem z rozdrobnionej kukurydzy (panierowanie suche II)
(fot. MIR-PIB)



Rys. 27. Fishburgery po podsmażaniu w smaźalni taśmowej
(fot. MIR-PIB)



Rys. 28. Zamrożone, zapakowane fishburgery z informacyjnej partii wyrobów formowanych
(fot. MIR-PIB)

Wyprodukowane zamrożone burgery przechowywano w temperaturze -22°C . Okresowo pobierano próby do oceny organoleptycznej.

Charakterystyka chemiczna fishburgerów

W tabeli 14 przedstawiono podstawowy skład chemiczny fishburgerów wyprodukowanych w warunkach przemysłowych na bazie rozdrobnionego mięsa odseparowanego mechanicznie z żeber łososi.

Tabela 14. Podstawowy skład chemiczny burgerów rybnych oraz rybno-warzywnych

Składnik	Burgery łososiowe	Burgery łososiowo-warzywne
	Zawartość [%]	
Woda	$47,90 \pm 0,15$	$51,20 \pm 0,20$
Sucha masa	$52,10 \pm 0,15$	$48,80 \pm 0,20$
Tłuszcz	$14,32 \pm 0,18$	$12,91 \pm 0,20$
Białko	$13,13 \pm 0,25$	$11,63 \pm 0,13$
Popiół	$1,63 \pm 0,01$	$1,53 \pm 0,04$

Analizując podstawowy skład chemiczny burgerów łososiowych oraz łososiowo-warzywnych nie stwierdzono znacznych różnic w zawartości poszczególnych składników. W przypadku tłuszczu, który zawiera cenne dla organizmu człowieka wielonienasycone kwasy tłuszczowe oraz białka, stanowiącego ważny element budulcowy dla komórek organizmu, różnica ta jest na poziomie około 2% i spowodowana jest ona mniejszą, w przypadku burgerów rybno-warzywnych, zawartością mięsa łososiowego. Jednakże produkt ten zawiera 15% warzyw, które zamiast tłuszczu dostarczają niezbędnych dla organizmu ilości błonnika i witamin.

W opracowanych produktach formowanych, panierowanych i podsmażanych na bazie rozdrobnionego mięsa łososi zbadano również zawartości metali szkodliwych dla zdrowia, to jest ołowiu, kadmu i rtęci. Stwierdzone zawartości tych metali w burgerach łososiowych i łososiowo-warzywnych porównano z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. z późn. zm., w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności. Zgodnie z tym rozporządzeniem najwyższe dopuszczalne poziomy zawartości metali w mięsie ryb i produktach rybołówstwa wynoszą:

- ołów – 0,30 mg/kg świeżej masy,
- kadm – 0,050 mg/kg świeżej masy (wartość ogólna; dla niektórych gatunków ryb dopuszczalne są wyższe poziomy określone w rozporządzeniu),
- rtęć – 0,50 mg/kg świeżej masy (wartość ogólna; dla wybranych gatunków ryb dopuszczalne poziomy wynoszą 0,30 mg/kg lub 1,0 mg/kg zgodnie z wykazem w rozporządzeniu). W tabeli 15 przedstawiono stwierdzone zawartości metali szkodliwych dla zdrowia w produktach wytworzonych na bazie mięsa łososiowego.

Tabela. 15. Zawartości metali szkodliwych dla zdrowia w produktach z mięsa łososiowego

Pierwiastek	Fishburgery z mięsa łososiowego	Fishburgery z mięsa łososi z warzywami	Dopuszczalny poziom
	Zawartość [mg/kg świeżej masy]		
Cd	0,013	0,009	0,05
Pb	0,006	0,010	0,30
Hg	0,006	0,006	0,50

Przeprowadzone badania zawartości metali szkodliwych dla zdrowia wykazały, że w opracowanych produktach formowanych, panierowanych i podsmażanych, na bazie rozdrobnionego mięsa łososi, zawartości kadmu, ołowiu i rtęci były na poziomie znacznie niższym od maksymalnych poziomów dopuszczalnych w żywności (tab. 15). Uzyskane wyniki świadczą między innymi o dobrej jakości zdrowotnej surowców i składników dodatkowych użytych do wytwarzania nowego typu wyrobów na bazie mięsa łososi, a także prawidłowości i zgodności z wymaganiami sanitarno-higienicznymi procesów i operacji technologicznych związanych z ich wytwarzaniem.

Ocena mikrobiologiczna fishburgerów

Ocena mikrobiologiczna wyprodukowanych w warunkach przemysłowych fishburgerów na bazie mięsa z żeber łososi wykazała, że uzyskane wyniki (tab. 16), w każdej z wykonywanych analiz spełniają niezbędne kryteria dla bezpieczeństwa produktu żywnościowego.

Z formalnego punktu widzenia obecnie w zakresie wymagań mikrobiologicznych obowiązujące jest unijne rozporządzenie Komisji (WE) nr 2073/2005, które dla produktów, w których możliwy jest wzrost *Listeria monocytogenes*, wprowadzanych do obrotu w ciągu okresu przydatności do spożycia, ustala limit mikroorganizmów z gatunku *Listeria monocytogenes* na poziomie 100 jtk/g.

Tabela 16. Wyniki badań mikrobiologicznych fishburgerów wykonanych na bazie mięsa odseparowanego mechanicznie z żeber łososi

Parametr mikrobiologiczny	Fishburgery łososiowe	Fishburgery łososiowo-warzywne
Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych – mezofilnych jtk/g	$3,0 \times 10^5$	$3,1 \times 10^5$
Pałeczki z grupy <i>coli</i> jtk/g	200	700
Gronkowce koagulazo+ jtk/g	<10	<10
<i>Salmonella</i>	nieobecne	nieobecne
<i>Listeria</i> jtk/g	20	10
Beztlenowe łaseczki przetrwalnikujące w 1 g	nieobecne	nieobecne

Ocena poszczególnych wyróżników organoleptycznych fishburgerów łososiowych oraz łososiowo-warzywnych

Przed oceną organoleptyczną fishburgerów w próbkach pobranych z wyprodukowanej partii określono średni masowy udział panieru i farszu. Wyniki dla obu asortymentów zamieszczono w tabeli 17.

Tabela 17. Udział składników w wytworzonych fishburgerach

Produkt	Fishburger łososiowy	Fishburger łososiowo-warzywny
	Zawartość [%]	
Panier	28,8	30,7
Farsz rybny	70,8	69,1
Ubytki technologiczne	0,4	0,2

W tabeli 18 przedstawiono obliczone dla pięciu próbek średnie wartości wraz z odchyleniami standardowymi poszczególnych wyróżników jakości sensorycznej surowych fishburgerów rybnych po okresie przechowywania w warunkach zamrażalniczych. Natomiast tabela 19 zawiera oceny dla tego samego produktu po usmażeniu w głębokim oleju w czasie pięciu minut.

Tabela 18. Średnie wartości wraz z odchyleniami standardowymi ocenianych wyróżników jakości sensorycznej fishburgerów łososiowych surowych

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]		
	I	II	III
Wygląd zewnętrzny wyrobu	5,00 ± 0,00	4,60 ± 0,55	4,60 ± 0,89
Barwa mięsa na przekroju	4,60 ± 0,42	4,60 ± 0,42	4,40 ± 0,22
Zapach	4,80 ± 0,27	4,50 ± 0,55	4,40 ± 0,22
Konsystencja farszu	4,60 ± 0,42	4,40 ± 0,55	4,10 ± 0,22
Ocena ogólna	4,80 ± 0,27	4,50 ± 0,50	4,30 ± 0,27

I - 2 tygodnie przechowywania zamrażalniczego

II - 1 miesiąc przechowywania zamrażalniczego

III - 3 miesiące przechowywania zamrażalniczego

Tabela 19. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej fishburgerów łososiowych smażonych

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]		
	I	II	III
Wygląd zewnętrzny wyrobu	4,60 ± 0,55	4,20 ± 0,91	4,20 ± 0,91
Barwa mięsa na przekroju	4,30 ± 0,27	4,30 ± 0,45	4,30 ± 0,27
Zapach	4,50 ± 0,61	4,40 ± 0,65	4,20 ± 0,45
Konsystencja farszu	4,60 ± 0,42	4,60 ± 0,55	4,10 ± 0,22
Smakowość	4,40 ± 0,42	4,20 ± 0,45	3,90 ± 0,55
Ocena ogólna	4,50 ± 0,50	4,30 ± 0,27	4,20 ± 0,68

I - 2 tygodnie przechowywania zamrażalniczego

II - 1 miesiąc przechowywania zamrażalniczego

III - 3 miesiące przechowywania zamrażalniczego

Ocena jakości sensorycznej wykazała, że fishburger łososiowy na bazie mięsa odzyskanego mechanicznie z żeber łososi charakteryzował się dobrymi walorami smakowymi i estetycznymi. Zarówno w pierwszych dwóch tygodniach, jak i w trzecim miesiącu przechowywania ocena ogólna określanych wyróżników jakościowych, zarówno w produkcie surowym, jak i smażonym była na poziomie powyżej 4 punktów. Jedynie smakowość oceniono na 3,9 punktu.

Tabele 20 i 21 zawierają, obliczone również dla pięciu próbek, średnie wartości wraz z odchyleniami standardowymi ocenianych wyróżników jakościowych fishburgerów łososiowo-warzywnych surowych i smażonych w głębokim oleju w czasie pięciu minut.

Tabela 20. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej fishburgerów łososiowo-warzywnych surowych

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]		
	I	II	III
Wygląd zewnętrzny wyrobu	5,00 ± 0,00	4,60 ± 0,55	4,60 ± 0,55
Barwa mięsa wewnątrz	4,60 ± 0,42	4,60 ± 0,42	4,30 ± 0,27
Zapach	4,81 ± 0,26	4,50 ± 0,50	4,30 ± 0,27
Konsystencja farszu	4,30 ± 0,76	4,30 ± 0,45	4,30 ± 0,27
Ocena ogólna	4,66 ± 0,42	4,60 ± 0,42	4,50 ± 0,00

I - 2 tygodnie przechowywania zamrażalniczego

II - 1 miesiąc przechowywania zamrażalniczego

III - 3 miesiące przechowywania zamrażalniczego

Tabela 21. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej fishburgerów łososiowo-warzywnych smażonych

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]		
	I	II	III
Wygląd zewnętrzny wyrobu	4,50 ± 0,87	4,50 ± 0,61	4,40 ± 0,55
Barwa mięsa wewnątrz	4,50 ± 0,35	4,50 ± 0,61	4,20 ± 0,27
Zapach	4,50 ± 0,87	4,40 ± 0,65	4,30 ± 0,45
Konsystencja farszu	4,05 ± 0,94	4,00 ± 0,79	4,10 ± 0,42
Smakowość	4,20 ± 0,84	4,15 ± 0,86	4,08 ± 0,77
Ocena ogólna	4,30 ± 0,85	4,00 ± 0,35	4,10 ± 0,37

I - 2 tygodnie przechowywania zamrażalniczego

II - 1 miesiąc przechowywania zamrażalniczego

III - 3 miesiące przechowywania zamrażalniczego

Porównując ocenę poszczególnych wyróżników jakościowych fishburgerów łososiowo-warzywnych w stanie surowym i po usmażeniu, można zauważyć, że plasowała się ona na poziomie powyżej 4 punktów. W przypadku fishburgerów z dodatkiem warzyw znacznie dłużej utrzymywała się charakterystyczna dla tego rodzaju wyrobu jasnobrązowa barwa i smakowość produktu.

Ocena jakości sensorycznej wykazała, że produkty z grupy mrożonych wyrobów formowanych, panierowanych i smażonych charakteryzowały się dobrym smakiem i estetycznym wyglądem. Zastosowanie w produkcie mięsa odzyskanego z żeber łososi zapewniło jego wysoką wartość odżywczą poprzez:

- wysoką zawartość białka,
- obecność cennych żywieniowo n-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) ze względu na dużą zawartość tłuszczu rybiego.

Na podstawie przeprowadzonych ocen sensorycznych prezentowanych produktów można stwierdzić, że korzystniej oceniano fishburgery łososiowo-warzywne. Oceniający wskazywali ten produkt jako bardziej atrakcyjny w porównaniu z fishburgerami bez dodatku warzyw. Charakteryzowały się one lepszą teksturą i większą soczystością w porównaniu z fishburgerami wykonanymi wyłącznie na bazie mięsa. Fishburgery łososiowo-warzywne posiadały też korzystniejszą barwę, na którą miał wpływ dodatek warzyw, w szczególności marchwi, która zawiera duże ilości karotenu, barwnika pomarańczowego. Ponadto dodać można, że zawarte w nich warzywa dostarczają dodatkowych wartości odżywczych.

4.2. Produkty sterylizowane

4.2.1. Pulpety

Próbné partie trzech rodzajów pulpetów łososiowych wytworzono z mięsa odzyskanego metodą mechanicznej separacji z żeber łososi, wykorzystując przemysłową linię produkcji konserw rybnych. Opracowano dwie receptury własne MIR-PIB (pulpety w sosie koperkowym i pulpety z warzywami) oraz zastosowano recepturę zakładu produkcyjnego (pulpety w sosie salsa). Konserwy konfekcjonowano w puszkach.



Rys. 29. Pulpety wyprodukowane z przemysłowej partii rozdrobnionego mięsa odzyskanego z produktów ubocznych po maszynowym filetowaniu łososi (fot. MIR-PIB)

Składy pulpetów według opracowanych receptur były następujące:

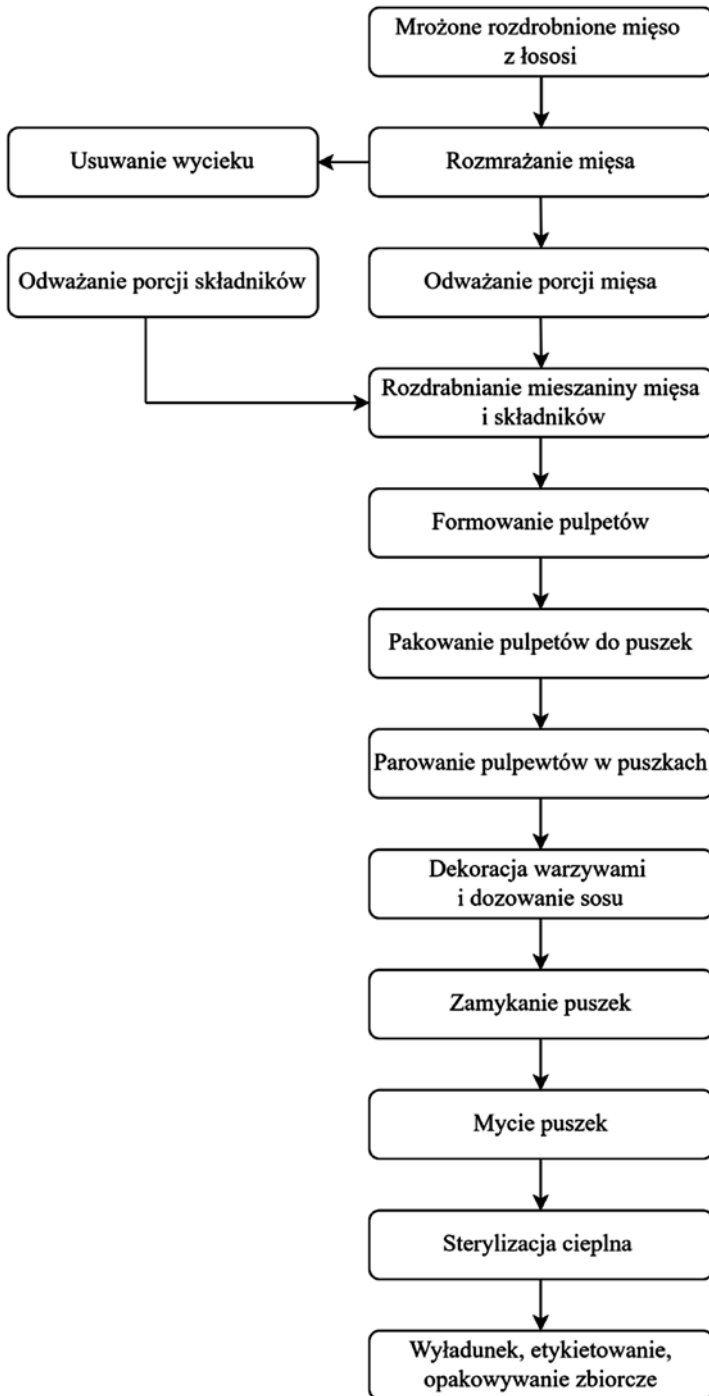
receptura zakładu produkcyjnego:

- anicon 121,
- cebula kostka mrożona,
- colflo 67 (skrobia modyfikowana E-1422),
- koncentrat pieprzu,
- pasternak suszony,
- sojami (koncentrat białek sojowych),
- surowy farsz z łosiosia,
- vitacel - błonnik pszenny WF 400,
- woda,

receptury MIR-PIB:

- pulpety łososiowe:
- surowe rozdrobnione mięso z żeber łososi - 81,3%;
- bułka tarta - 5,1%,
- mąka pszenna - 2,0%,
- skrobia modyfikowana M 5053 - 8,1%,
- cebula suszona - 2,4%,
- pieprz naturalny - 0,7%,
- sól - 0,4%.
- pulpety łososiowo-warzywne:
- surowe rozdrobnione mięso z żeber łososi - 68,5%,
- bułka tarta - 4,9%,
- mąka pszenna - 1,97%,
- skrobia modyfikowana M 5070 - 6,6%,
- pieprz naturalny - 0,47%,
- sól - 0,16%,
- cebula - 2,6%,
- bukiet podstawowych warzyw (marchew, por, seler) - kostka mrożona -14,8%.

Schemat procesu produkcji próbnych partii pulpetów jest przedstawiony na rysunku 30.



Rys. 30. Schemat procesu wytwarzania pulpetów z mięsa odzyskanego z żeber łososiowych po ręcznej obróbce filetów

Charakterystyka chemiczna pulpetów

W tabeli 22 przedstawiono podstawowy skład chemiczny pulpetów wyprodukowanych w warunkach przemysłowych na bazie rozdrobnionego mięsa odseparowanego mechanicznie z żeber łososi.

Tabela 22. Podstawowy skład chemiczny zawartości konserw: „Pulpety z łososia w sosie koperkowym”, „Pulpety z łososia z warzywami” oraz „Pulpety z łososia w sosie salsa”

Składnik	W sosie koperkowym	Z warzywami	W sosie salsa
	Udział [%]		
Woda	59,66 ± 0,07	64,59 ± 0,14	73,75 ± 0,02
Sucha masa	40,34 ± 0,07	35,41 ± 0,14	26,25 ± 0,02
Tłuszcz	16,99 ± 0,07	12,74 ± 0,02	12,23 ± 0,03
Białko	11,00 ± 0,06	8,94 ± 0,00	5,94 ± 0,13
Popiół	1,79 ± 0,01	1,72 ± 0,04	1,72 ± 0,02

Zauważalne są różnice w zawartości poszczególnych składników pomiędzy pulpetami w sosie koperkowym a pulpetami z warzywami i w sosie salsa. W skład tych dwóch ostatnich oprócz farszu mięsnego wchodziły również warzywa, co skutkowało mniejszą zawartością suchej masy w konserwie oraz odpowiednio niższą zawartością tłuszczu i białka. Mimo wykazanych różnic w podstawowych składach chemicznych badanych asortymentów konserw należy stwierdzić, że z punktu widzenia wartości żywieniowej uzyskane konserwy charakteryzują się dobrym poziomem istotnych składników, takich jak tłuszcz i białko.

W wykonanych próbnym partiach pulpetów zbadano również zawartości metali ciężkich - ołowiu, kadmu i rtęci. Stwierdzone zawartości tych metali przedstawione są w tabeli 23.

Tabela 23. Zawartości metali szkodliwych dla zdrowia w pulpetach z mięsa łososiowego

Produkt	Zawartość metali [mg/kg świeżej masy]		
	Cd	Pb	Hg
Dopuszczalny poziom	0,05	0,3	0,50
Konserwa „Pulpety z łososia w sosie koperkowym”	0,013	0,011	0,007
Konserwa „Pulpety z łososia z warzywami”	0,012	0,050	0,007
Konserwa „Pulpety z łososia w sosie salsa”	0,011	0,013	0,010

Zawartości tych metali w konserwach łososiowych i łososiowo-warzywnych porównano z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. z późn. zm. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Stwierdzono, że ich zawartości były na poziomie znacznie niższym od maksymalnych poziomów dopuszczalnych w żywności.

Uzyskane wyniki świadczą o bezpieczeństwie zdrowotnym surowców i składników dodatkowych użytych w konserwach wytwarzanych na bazie mięsa łososi, a także o prawidłowości i zgodności z wymaganiami sanitarno-higienicznymi procesów i operacji technologicznych związanych z ich wytwarzaniem.

Ocena mikrobiologiczna pulpetów

Ocena mikrobiologiczna wyprodukowanych w warunkach przemysłowych pulpetów na bazie mięsa z żeber łososi wykazała, że spełniają one niezbędne kryteria dla bezpieczeństwa produktu żywnościowego (tab. 24).

Tabela 24. Wyniki badań mikrobiologicznych pulpetów z łososia

Parametr mikrobiologiczny	Pulpety w sosie koperkowym	Pulpety z warzywami	Pulpety w sosie salsa
Drobnoustroje mezofilne nieprzerwalnikujące w 0,1 g	nieobecne	nieobecne	-
Drobnoustroje tlenowe mezofilne przerwalnikujące w 1 g	<10	<10	<10
Bakterie beztlenowe mezofilne przetrawnikujące redukujące siarczany (IV) w 1 g	nieobecne g	nieobecne	nieobecne

Uwzględniając przemysłowe warunki wykonania próbnych partii pulpetów z łososia należy zauważyć, że uzyskane wyniki mikrobiologiczne są zgodne z wymaganiami podanymi w uchylonym już rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 roku w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu znajdować albo na powierzchni żywności.

Ocena poszczególnych wyróżników organoleptycznych pulpetów łososiowych oraz łososiowo-warzywnych

Przed oceną organoleptyczną pulpetów w próbkach pobranych z wyprodukowanej partii określono średni masowy udział poszczególnych składników wchodzących w skład konserw. Wyniki zamieszczono w tabeli 25.

Tabela 25. Udział składników w konserwach z pulpetami

Składnik	Udział [%]		
	w sosie koperkowym	z warzywami	w sosie salsa
Masa netto konserwy	100,0	100,0	100,0
Masa pulpetów	67,0	67,9	58,2
Masa sosu z warzywami	25,5	28,1	39,9
Ubytki technologiczne	7,5	4,0	1,9

W tabelach 26 - 27 przedstawiono obliczone dla pięciu próbek średnie wartości wraz z odchyleniami standardowymi poszczególnych wyróżników jakości próbnych partii pulpetów.

Tabela 26. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej pulpetów z łososią w sosie koperkowym

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]		
	I	II	III
Wygląd konserwy po otwarciu	3,63 ± 0,59	3,60 ± 0,20	3,50 ± 0,58
Barwa sosu	3,82 ± 0,68	3,88 ± 0,58	3,67 ± 0,52
Barwa mięsa na przekroju	4,17 ± 0,26	4,08 ± 0,20	4,00 ± 0,20
Zapach konserwy	4,25 ± 0,61	4,13 ± 0,54	4,08 ± 0,19
Zapach pulpeta	4,17 ± 0,52	4,20 ± 0,52	4,20 ± 0,52
Konsystencja pulpeta	3,58 ± 0,80	3,63 ± 0,65	3,60 ± 0,38
Smakowitość sosu	3,62 ± 0,83	3,60 ± 0,38	3,45 ± 0,52
Smakowitość pulpeta	3,92 ± 0,18	3,67 ± 0,52	3,55 ± 0,55
Integralność sosu z pulpetem	2,90 ± 1,02	3,00 ± 0,61	3,00 ± 0,55
Ocena ogólna	3,71 ± 0,51	4,00 ± 0,55	4,00 ± 0,25

I - 2 tygodnie przechowywania

II - 1 miesiąc przechowywania

III - 3 miesiące przechowywania

Tabela 27. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej pulpetów z warzywami

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]		
	I	II	III
Wygląd konserwy po otwarciu	4,33 ± 0,61	4,53 ± 0,26	4,50 ± 0,58
Barwa sosu	4,33 ± 0,61	4,45 ± 0,34	4,30 ± 0,26
Barwa mięsa na przekroju	4,58 ± 0,38	4,50 ± 0,32	4,25 ± 0,21
Zapach konserwy	4,42 ± 0,80	4,25 ± 0,27	4,25 ± 0,19
Zapach pulpetu	4,25 ± 0,76	4,38 ± 0,43	4,30 ± 0,51
Konsystencja pulpetu	4,29 ± 0,46	4,12 ± 0,51	4,00 ± 0,38
Smakowitość sosu	4,38 ± 0,54	4,42 ± 0,38	4,32 ± 0,52
Smakowitość pulpetu	4,54 ± 0,56	4,25 ± 0,52	4,20 ± 0,61
Integralność sosu z pulpetem	4,60 ± 0,42	4,33 ± 0,52	4,30 ± 0,76
Ocena ogólna	4,46 ± 0,49	4,53 ± 0,37	4,50 ± 0,49

I - 2 tygodnie przechowywania

II - 1 miesiąc przechowywania

III - 3 miesiące przechowywania

Ocena jakości sensorycznej wykazała, że pulpety z łososia w sosie koperkowym charakteryzowały się dobrymi walorami smakowymi. Konserwa została oceniona na poziomie około 4 punktów. Najniżej oceniona była konsystencja pulpetów, która po usunięciu sosu była zbyt zwięzła. Same pulpety odznaczały się za małą soczystością - suchą teksturą. Nisko oceniona została integralność sosu z pulpetami. Pulpety po procesie sterylizacji nie związały całkowicie tłuszczu, który przedostał się do sosu tworząc rozwarstwienia na powierzchni konserwy.

Analizując ocenę poszczególnych wyróżników jakości pulpetów z warzywami stwierdzono, że wszystkie wyniki były określane na poziomie znacznie przekraczającym 4 punkty. Konserwa pulpetów z warzywami bezpośrednio po otwarciu charakteryzowała się lustrem ocenionym na około 4,5 punktu (rys. 31). Tekstura farszu po sterylizacji została oceniona na poziomie dobrym i charakteryzowała się soczystością. Sos stanowił integralną część konserwy, odznaczając się tym samym charakterystyczną, pomarańczowo-czerwoną barwą i dobrym smakiem.



Rys. 31. Lustro konserwy: pulpety z łososia z warzywami
(fot. MIR-PIB)

Bezpośrednio po wyprodukowaniu dokonano również oceny konserwy „Pulpety z łososia w sosie salsa” wg receptury zakładu produkcyjnego pochodzącej z przemysłowej partii, wyniki oceny przedstawiono w tabeli 28.

Tabela 28. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej pulpetów w sosie salsa

Wyróżnik jakości sensorycznej	Ocena [pkt]
Wygląd konserwy	4,40 ± 0,42
Barwa sosu	4,10 ± 0,22
Barwa mięsa	4,00 ± 0,35
Zapach konserwy	4,60 ± 0,42
Zapach pulpeta	4,50 ± 0,35
Konsystencja pulpeta	3,90 ± 0,42
Smakowitość sosu	3,90 ± 0,22
Smakowitość pulpeta	3,90 ± 0,42
Integralność	3,90 ± 0,22
Ocena ogólna	3,95 ± 0,11

Ocena ogólna jakości sensorycznej pulpetów z łososia w sosie salsa była na poziomie prawie dobrym (3,95 pkt). Najwyżej, na poziomie oceny dobrej, oceniono zapach konserwy (4,6 pkt) i pulpetów (4,5 pkt) oraz ogólny wygląd konserwy (tzw. lustro - 4,4 pkt). Barwa sosu i barwa mięsa również otrzymały ocenę dobrą. Pozostałe wyróżniki jakości sensorycznej były na poziomie prawie dobrym. Najniżej oceniono integralność sosu z pulpetem, smakowitość sosu, pulpeta i jego konsystencję (3,9 pkt).

Pulpety z mięsa łososia wytworzone zostały w puszkach o masie netto 180 g. Wartość energetyczna takich konserw wynosi od 110 do 150 kcal/100 g, a więc są średniokaloryczne.

Ich zaletą, z punktu widzenia wartości odżywczych, jest stosunkowo wysoka zawartość tłuszczu rybiego (12-17%) w połączeniu z atrakcyjnym, łagodnym profilem smakowym tych wyrobów. Konserwy tego typu można by polecać jako żywność prozdrowotną i źródło omega-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie dla dzieci, a także osób w podeszłym wieku.

4.2.2. Pasztety

Inną opcją wykorzystania odzyskanego z przetwórstwa mięsa łososi jest przeznaczenie go do produkcji pasztetów. Opracowano dwie przedstawione w tabeli 29 receptury takich pasztetów, a wykorzystując przemysłową linię produkcji konserw rybnych, wykonano ich próbne partie konfekcjonowane w puszkach (rys. 32).

Tabela 29. Receptury próbnych partii pasztetów łososiowych

Składniki	Pasztet z łososia z warzywami	Pasztet wędzronkowy z łososia z warzywami
	Udział [g/kg]	
Mięso łososia tłuste	406	275
Mięso łososia chude	-	-
Mięso łososia wędzone	-	131
Warzywa gotowane	358,7	368,9
Wywar z warzyw	172	172
Skrobia pszenna modyfikowana M5070	20	20
Przyprawa Vegeta	16	16
Papryka czerwona słodka	4,1	4,1
Koncentrat pomidorowy	10,2	-
Przyprawa curry	2	2
Pieprz czarny	1	1
Sól kuchenna	3	3
Koncentrat białka sojowego	5	5
Błonnik pszenny	2	2
Razem	1000,0	1000,0



Rys. 32. Asortymenty pasztetów z łososia
(fot. MIR-PIB)

Wyprodukowane partie konserw przechowywano w zaciemnionym miejscu, w temperaturze pokojowej około 20°C, w warunkach kontrolowanych.

Charakterystyka chemiczna pasztetów

W tabeli 30 przedstawiono podstawowy skład chemiczny wyprodukowanych pasztetów.

Tabela 30. Podstawowy skład chemiczny wyprodukowanych konserw pasztetów na bazie mięsa łososi

Składnik	Pasztet z łososia z warzywami	Pasztet wędzoniowy z łososia z warzywami
	Udział [%]	
Woda	76,98 ± 0,15	75,09 ± 0,05
Sucha masa	23,02 ± 0,15	24,91 ± 0,05
Białko	8,50 ± 0,13	8,88 ± 0,06
Tłuszcz	7,58 ± 0,01	8,84 ± 0,10
Popiół	2,06 ± 0,02	2,37 ± 0,02

Przedstawiony skład chemiczny dwóch asortymentów pasztetów można uznać za porównywalny i zrównoważony pod względem zawartości białka i tłuszczu. Udział około 30% warzyw w pasztetach powinien mieć korzystny wpływ na zawartość błonnika w konserwach.

W wykonanych próbnym partiach pasztetów zbadano również zawartości metali ciężkich - ołowiu, kadmu i rtęci. Stwierdzone zawartości tych metali przedstawione są w tabeli 31.

Tabela 31. Zawartości metali szkodliwych dla zdrowia w pasztetach z mięsa łososiowego

Produkt	Cd	Pb	Hg
	Zawartość [mg/kg świeżej masy]		
Dopuszczalny poziom	0,05	0,3	0,50
Konserwa „Pasztet z łososia z warzywami”	0,006	0,009	0,014
Konserwa „Pasztet wędzoniowy z łososia z warzywami”	0,004	0,010	0,010

Uzyskane wyniki, podobnie jak w przypadku wcześniej prezentowanych produktów, świadczą o bezpieczeństwie zdrowotnym surowców i składników dodatkowych użytych w konserwach wytwarzanych na bazie mięsa łososi, a także o prawidłowości i zgodności z wymaganiami sanitarno-higienicznymi procesów i operacji technologicznych związanych z ich wytwarzaniem.

Ocena poszczególnych wyróżników organoleptycznych pasztetów

Pasztety rybno-warzywne na bazie mięsa z łososi są wyrobami przeznaczonymi do przygotowywania kanapek i przekąsek, więc z takiego punktu widzenia dokonano oceny ich cech sensorycznych.

W tabeli 32 przedstawiono średnie wartości dla sześciu próbek wraz z odchyleniami standardowymi poszczególnych wyróżników jakości sensorycznej otrzymanych pasztetów na bazie mięsa z łososia.

Tabela 32. Średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym ocenianych wyróżników jakości sensorycznej pasztetów otrzymanych na bazie mięsa z łososia

Wyróżnik jakości	Pasztet z łososia z warzywami	Pasztet wędzronkowy z łososia z warzywami
	Ocena [pkt]	
Wygląd ogólny	4,29 ± 0,60	4,25 ± 0,69
Barwa	4,46 ± 0,64	4,29 ± 0,71
Kontakt z pow. puszki	4,58 ± 0,49	4,50 ± 0,63
Zapach	4,46 ± 0,33	4,58 ± 0,49
Smakowitość	4,29 ± 0,68	4,33 ± 0,75
Tekstura	4,50 ± 0,55	4,52 ± 0,63
Ocena ogólna	4,54 ± 0,51	4,54 ± 0,56

Wynik oceny jakości sensorycznej dla dwóch wariantów pasztetów na bazie mięsa z łososia był dobry. Wszystkie wyróżniki jakości zostały ocenione powyżej oceny dobrej. W przypadku wariantu I najniżej (4,29 pkt) oceniono wygląd ogólny i smakowitość produktu. Natomiast, najwyższe noty otrzymała barwa mięsa określona jako „łososiowa”, kontakt z powierzchnią puszki oraz tekstura produktu. W wariancie II najniżej oceniono barwę mięsa, charakteryzującą się lekkim zbrązowieniem w wyniku dodatku do produktu ciemniejszego mięsa wędzonego. Obecność mięsa wędzonego w wariancie II wpłynęła natomiast korzystnie na zapach (4,58 pkt.) i smakowitość (4,33 pkt.) wyrobu. Porównując oceny pojedynczych wyróżników jakości oraz oceny ogólne stwierdzono, że najlepsze cechy posiada pasztet na bazie tłustego mięsa z łososia (wariant I).

4.3. Produkty wędzone parzone

Kolejnym przykładowym kierunkiem wykorzystywania rozdrobnionego mięsa odzyskiwanego z produktów ubocznych obróbki łososi jest produkcja kiełbas. We współpracy z zakładem przetwórczym przygotowano w warunkach przemysłowych próbne partie:

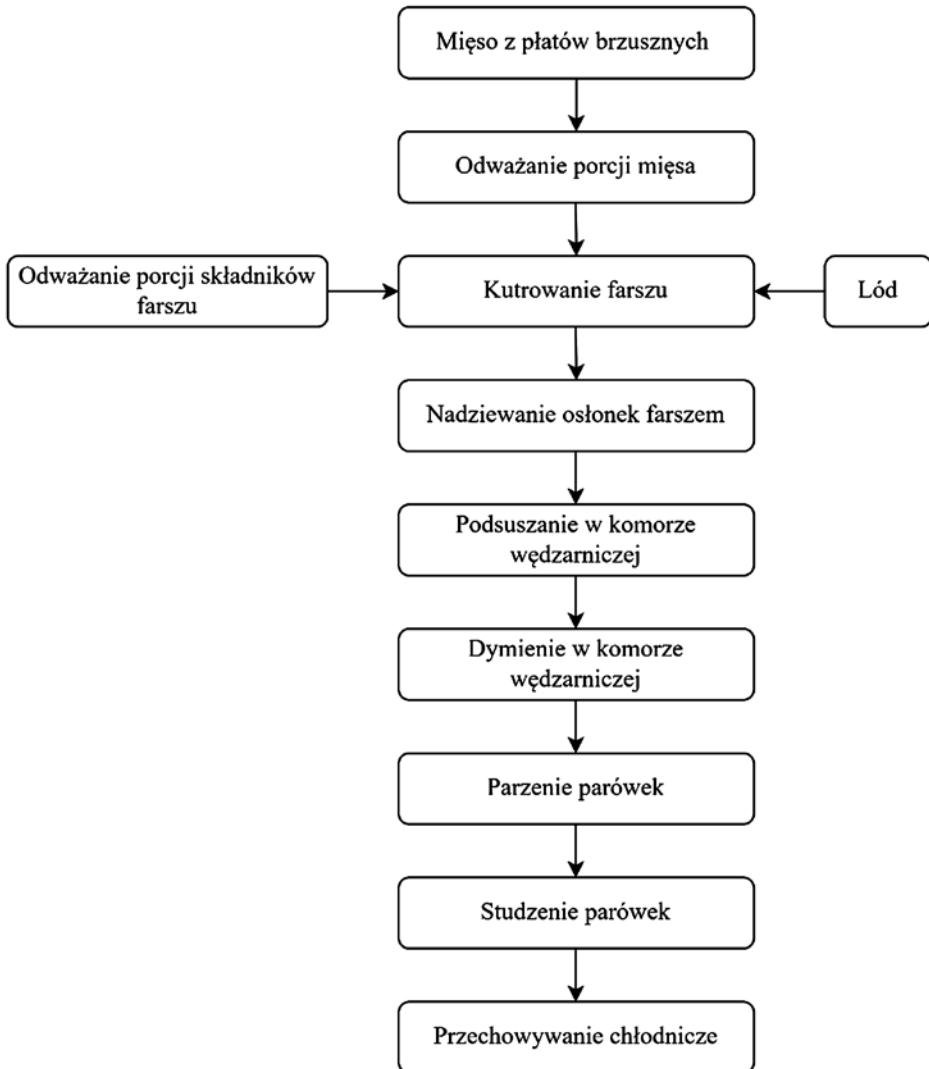
- parówek łososiowych na bazie tłustego mięsa uzyskiwanego ze ścinków płatów brzusznych, żeber itp.,
- kabanosów łososiowych na bazie mięsa o zdecydowanie mniejszej zawartości tłuszczu, pozyskiwanego z kręgosłupów poprzez łyżeczowanie z dodatkiem około 10% mięsa tłustego.

Skład próbnej partii parówek był następujący:

- tłuste rozdrobnione mięso łososiowe - 70,0%,
- lód łuskowy - 24,5%,

- błonnik XPE 011 - 0,5%,
- błonnik XPE 012 - 1,4%,
- skrobia - 1,4%,
- sól kuchenna - 1,5%,
- mieszanka przyprawowa - 0,7%,

Schemat procesu produkcji parówek jest przedstawiony na rysunku 33.



Rys. 33. Schemat technologiczny procesu wytwarzania parówek z mięsa łososi

Po nadzianiu osłonek farszem dalsze operacje są prowadzone w komorze wędzarniczej:

- podsuszanie powierzchni batonów w temperaturze 45°C przez 30 minut,
- wędzenie (dymienie) prowadzone w temperaturze nie przekraczającej 40°C przez 15 minut do uzyskania jasnobrązowej barwy,
- parzenie w temperaturze 75°C i wilgotności 100% do uzyskania wewnątrz batonów temperatury 72°C.



Rys. 34. Parówki łososiowe po wędzeniu, parzeniu i schłodzeniu
(fot. MIR-PIB)

Podstawowymi składnikami receptury kabanosów, będącej tajemnicą zakładu, z którym współpracowano przy wytwarzaniu ich informacyjnej partii, są:

- mięso łososiowe o stosunkowo niskiej, około 10% zawartości tłuszczu, uzyskiwane z kręgosłupów poprzez łyżeczkovanie,
- mięso łososiowe tłuste uzyskiwane na drodze mechanicznej separacji, stanowiące 10% całkowitej ilości mięsa,
- błonnik pszenny BC-200,
- sól,
- przyprawy.

W procesie technologicznym produkcji kabanosów nie stosuje się kutrowania farszu ani innej formy jego rozdrabniania. Uzyskane dwa rodzaje mięsa łososiowego wraz z dodatkami poddawane są dokładnemu mieszaniu w celu równomiernego rozprowadzenia poszczególnych składników w masie farszu. Wymieszany farsz jest nadziewany do naturalnych osłonek. Po nadzianiu osłonek farszem dalsze operacje, podobnie jak w przypadku produkcji parówek, są prowadzone w komorze wędzarniczej.

Operacje w komorze wędzarniczej, kluczowe w procesie produkcji kabanosów łososiowych, obejmują:

- parzenie wstępne przy wilgotności 100% w temperaturze +0°C przez 10 minut,
- suszenie w temperaturze 55°C przez 80 minut,

- wędzenie (dymienie) 10 minut w tej samej temperaturze,
- lekkie parzenie przez 10 minut w temperaturze 70°C,
- końcowe dogrzanie w temperaturze od 72°C do 75°C przez okres do 60 minut.

Każdorazowo, w zależności od wypełnienia komory wędzarniczej kabanosami, parametry obróbki mogą być korygowane na podstawie dokonywanej na bieżąco oceny przez doświadczonego operatora - wędzarza. Operacje te w dużym stopniu decydują o wydajności i końcowej jakości (smakowitości) wyprodukowanych kabanosów łososiowych (rys. 35).



Rys. 35. Kabanosy łososiowe
(fot. MIR-PIB)

Charakterystyka chemiczna parówek i kabanosów łososiowych

W tabeli 33 przedstawiono podstawowy skład chemiczny wyprodukowanych na bazie odzyskanego mięsa łososiowego próbných partii parówek i kabanosów.

Tabela. 33. Podstawowy skład chemiczny parówek i kabanosów łososiowych

Składnik	Parówki łososiowe	Kabanosy łososiowe
	Udział [%]	
Woda	58,45 ± 0,09	56,17 ± 0,05
Sucha masa	41,55 ± 0,09	43,83 ± 0,05
Tłuszcz	24,93 ± 0,11	14,50 ± 0,04
Białko	9,56 ± 0,06	25,00 ± 0,25
Popiół	3,39 ± 0,02	3,05 ± 0,02

Analizując podstawowy skład chemiczny parówek łososiowych oraz kabanosów łososiowych stwierdzono znaczne różnice w zawartości poszczególnych składników, w szczególności tłuszczu i białka. W parówkach łososiowych ze względu na użycie do produkcji tłustego mięsa pochodzącego z płatów brzusznych zawartość tłuszczu jest ponad dwukrotnie wyższa niż w przypadku kabanosów, do którego użyto głównie mięsa pochodzącego z kręgosłupów o mniejszej zawartości tłuszczu. Odwrotną sytuację stwierdzono w przypadku zawartości białka, którego zawartość w kabanosach jest ponad dwukrotnie większa niż w parówkach.

W produktach wędliniarskich zbadano również i przedstawiono w tabeli 34 zawartości metali szkodliwych dla zdrowia: ołowiu, kadmu i rtęci.

Tabela 34. Zawartości metali szkodliwych dla zdrowia w produktach wędliniarskich

Pierwiastek	Dopuszczalna zawartość* [mg/kg świeżej masy]	Stwierdzona zawartość [mg/kg świeżej masy]	
		Parówki łososiowe	Kabanosy
Cd	0,05	0,02	0,02
Pb	0,3	0,15	0,15
Hg	0,50	0,017	0,066

*) wg rozporządzenia Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. z późn. zm.

Przeprowadzone badania wykazały, że w produktach wędliniarskich na bazie rozdrobnionego mięsa łososi zawartości kadmu, ołowiu i rtęci były na poziomie znacznie niższym od maksymalnych poziomów dopuszczalnych w żywności. Uzyskane wyniki świadczą o dobrej jakości zdrowotnej surowców i składników dodatkowych użytych do wytwarzania nowego typu wyrobów na bazie mięsa łososi, a także prawidłowości i zgodności z wymaganiami sanitarno-higienicznymi procesów i operacji technologicznych związanych z ich wytwarzaniem.

5. Otrzymywanie oleju z produktów ubocznych

Produkty uboczne stanowią około 30% wyjściowej masy przetwarzanych łososi. Składają się na nie:

- głowy stanowiące około 33% masy produktów ubocznych,
- kręgosłupy po filetowaniu i ścinki mięsa stanowiące około 44% masy produktów ubocznych,
- skóry wraz z przylegającą tkanką mięsno-tłuszczową stanowiące około 22% masy produktów ubocznych.

Ich skład chemiczny jest przedstawiony w tabeli 35

Tabela 35. Skład chemiczny produktów ubocznych

Produkt uboczny	pH	Sucha masa [%]	Białko (Nx6,25) [%]	Tłuszcz [%]	Popiół [%]	LZA [mgN/100 g]
Głowy	6,90	37,3-38,3	13, 6	20,0-22,5	2,4-4,1	9,4
Kręgosłupy	6,73	44,5-45,0	14,4-15,1	25,1-26,5	2,4-3,6	9,79
Skóry z filetów po wędzeniu	6,23	59,0-62,6	20,2-21,5	35,1-38,1	3,8-4,9	13,45

Produkty te pod względem świeżości spełniają wymagania określone dla surowców żywnościowych. Mogą być więc traktowane jako surowce do wytwarzania produktów przeznaczonych do spożycia przez ludzi, zwłaszcza, że zawierają duże ilości pełnowartościowego tłuszczu i białek, w tym białek kolagenowych, oraz substancji mineralnych.

Olej rybny powszechnie uzyskuje się jako jeden z produktów przy wytwarzaniu mączki rybnej. W dwustopniowej metodzie jej produkcji olej odwirowuje się z fazy ciekłej wydzielonej mechanicznie z surowca wcześniej poddanego obróbce termicznej. W metodzie jednostopniowej wyciska się go z ugotowanego i wysuszonego surowca.

Na rysunku 36 przedstawiono oleje łososiowe z przemysłowego przetwarzania produktów ubocznych z łososi w jedno- i dwustopniowej wytwórni mączki rybnej.



Rys. 36. Oleje łososiowe ze świeżych głów, kręgosłupów i skór wyprodukowane w jednostopniowej (A) i dwustopniowej (B) fabryce mączki rybnej (fot. MIR-PIB)

Skład ich kwasów tłuszczowych przedstawiono w tabeli 36.

Tabela 36. Skład kwasów tłuszczowych w olejach łososiowych wyprodukowanych metodą jednostopniową (1) i dwustopniową (2) oraz w oleju wyciśniętym ze skór z odskórzonych filetów wędzonych (3)

Kwasy tłuszczowe	1	2	3
	Zawartość [%]		
C12:0	0,090	-	0,088
C14:0	3,324	3,91	3,315
C15:0	0,208	0,24	0,188
C16:0	10,245	11,26	9,629
C17:0	0,198	0,18	0,218
C18:0	2,515	2,36	2,394
C20:0	0,237	0,19	0,226
C22:0	0,170	0,10	0,161
C24:0	-	0,02	-
ΣSFA	16,987	18,26	16,219
C16:1	3,414	4,78	3,454
C17:1	0,118	-	0,111

Kwasy tłuszczowe	1	2	3
	Zawartość [%]		
C18:1 n-9c	32,704	26,45	32,347
C18:1 n-9t	0,052	0,08	-
C20:1	4,786	5,86	5,151
C22:1	4,318	6,86	4,765
C24:1	0,372	0,59	0,381
Σ MUFA	45,764	44,65	46,209
C18:2 n-6c	11,329	8,62	11,232
C18:3 n-3	4,798	3,92	4,903
C18:3 n-6	0,124	0,11	0,105
C18:4	0,511	1,28	0,546
C20:2	1,746	1,47	1,678
C20:3 n-3	0,569	0,55	0,598
C20:3 n-6	0,167	0,11	0,157
C20:4 n-6	0,293	0,63	0,271
C20:5 n-3 (EPA)	4,780	5,94	4,483
C22:2	0,983	-	1,227
C22:5 n-3 (DPA)	4,235	3,47	4,305
C22:6 n-3 (DHA)	7,699	10,99	8,056
Σ PUFA	37,234	37,09	37,561
EPA + DHA	12,479	16,93	12,539
Σ n-3 PUFA	22,081	26,15	22,345
Σ n-6 PUFA	11,913	10,94	11,765
Σ n-3/Σ n-6	1,853	2,4	1,899
Σ n-6/Σ n-3	0,539	0,418	0,526

W grupie kwasów jednonienasyconych (MUFA) olejów z prób 1 i 3 udziały poszczególnych kwasów są bardzo zbliżone. Głównym kwasem jest kwas oleinowy (C18:1 n-oktadekanowy), którego udział w ogólnym składzie kwasowym oleju wynosi około 32%. Zawartość tego kwasu w oleju z próby 2 jest niższa i wynosi 26,45%.

Udziały grup kwasów wielonienasyconych (PUFA) we wszystkich trzech próbkach olejów są zbliżone i wynoszą około 37%. Olej próby 2 odróżnia się wyraźnie wyższą zawartością kwasu EPA (5,94%) i DHA (11%), podczas gdy udziały tych kwasów w olejach 1 i 2 wynoszą odpowiednio 4,5 - 4,8% (EPA) i 7,7 - 8,0% (DHA).

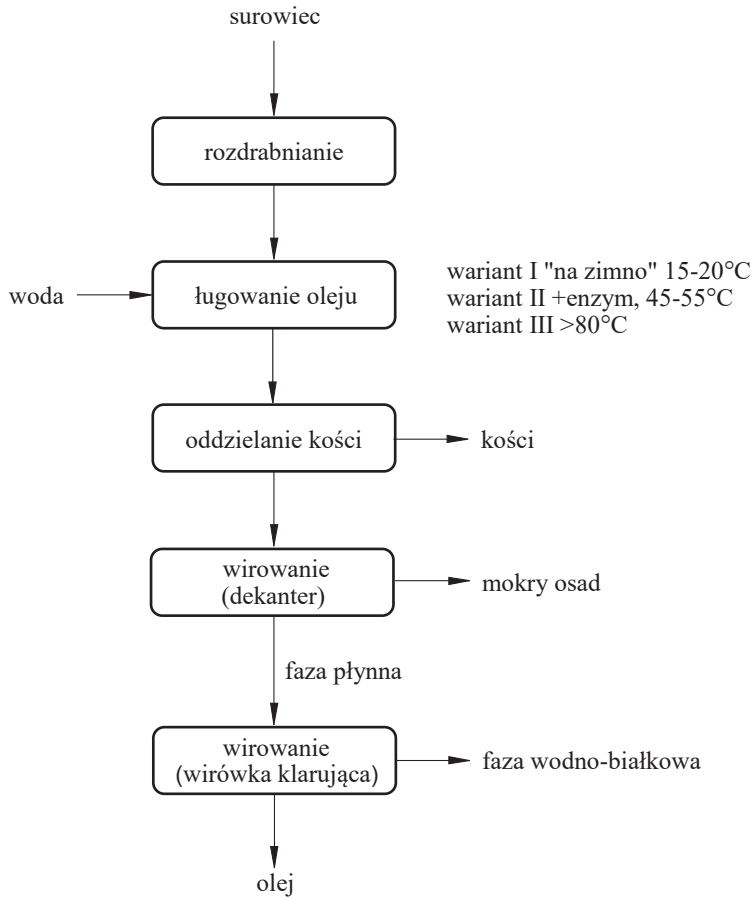
Analizy składu kwasowego olejów uzyskiwanych z produktów ubocznych z przetwórstwa łososi wskazują, że są one bogatym źródłem omega-3 niezbędnych żywnościowo wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Pomimo pewnego zróżnicowania zawartości poszczególnych kwasów w próbach oleju z łososi, może on być traktowany jako stosunkowo jednorodny pod względem składu chemicznego.

Oleje uzyskiwane w procesach przetwarzania produktów ubocznych na mączkę pod względem cech sensorycznych wyraźnie i niekorzystnie odróżniają się od oleju wyodrębnionego z tego samego surowca w warunkach łagodnych, na przykład na drodze wyłaczania „na zimno” lub ługowania wodą o umiarkowanej temperaturze. Przykładem może być olej rybny uwolniony z głów łososi podczas gotowania zupy rybnej; ma on neutralny, akceptowalny smak oraz zapach i nie wykazuje niepożądanych cech, typowych i charakterystycznych dla surowych, nieoczyszczonych olejów rybnych pozyskiwanych w procesach produkcji mączki rybnej. Jednak przy zapewnieniu odpowiedniej świeżości i jakości surowca wyjściowego oraz po odpowiedniej obróbce i rafinacji może on spełniać wymagania jakościowe i parametry określone dla surowych olejów wykorzystywanych dla celów prozdrowotnych i/lub żywnościowych dla ludzi.

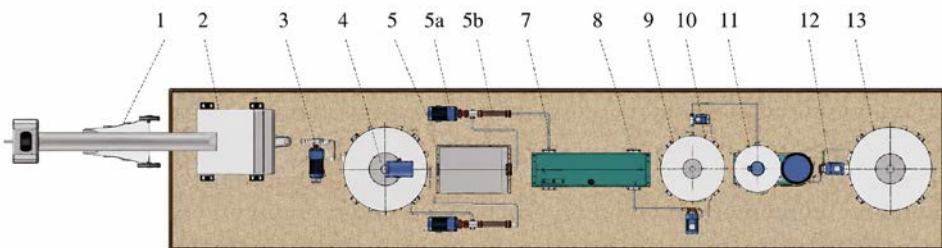
W MIR-PIB opracowano innowacyjną metodę wyodrębniania oleju rybnego z produktów ubocznych przetwórstwa łososi. W metodzie tej wykorzystano fakt, iż większa część tłuszczu występującego w tkankach mięśniowych głów, kręgosłupów i skór łososi występuje w postaci złogów tłuszczowych słabo z nimi związanych strukturalnie i która po mechanicznym rozdrobnieniu wydziela się w postaci ciekłej. Tę właściwość tkanek łososi wykorzystano w opracowanych trzech wariantach technologicznych otrzymywania oleju rybnego z produktów ubocznych metodą ich ługowania wodą:

- wariant I - ługowanie czystą wodą lub wodnym roztworem soli kuchennej w temperaturze 15 - 20°C (ługowanie „na zimno”),
- wariant II - ługowanie wodą z dodatkiem enzymów proteolitycznych, w temperaturze 45 - 55°C,
- wariant III - ługowanie wodą w temperaturze powyżej 80°C (ługowanie „na gorąco”).

Schemat procesu otrzymywania oleju metodą ługowania przedstawiono na rysunku 37, a na rysunku 38 propozycję posadowionego w kontenerze 40-stopowym zespołu maszyn i urządzeń realizujących poszczególne etapy procesu.



Rys. 37. Schemat technologiczny procesu otrzymywania oleju z produktów ubocznych



Rys. 38. Rozmieszczenie urządzeń w kontenerze 40 stopowym

Przeznaczony do ługowania surowiec przenoszony jest mobilnym przenośnikiem śrubowym 1 do maszyny rozdrabniającej 2 (np. wilka). Po rozdrobnieniu surowiec pompą dwuśrubową 3 podawany jest do zaopatrzonego w mieszkadło izolowanego termicznie zbiornika ługowania 4 o pojemności 2 m³. Zbiornik posiada dno stożkowe ułatwiające wypompowanie zawartości. W przypadku ługowania wodą z dodatkiem enzymów proteolitycznych surowiec w zbiorniku podgrzewany jest parą do około 50°C. Proces ługowania surowca podgrzewanego parą trwa, wraz z godzinnym załadunkiem i godzinnym rozładunkiem, około 4 godzin. Po zakończeniu procesu ługowania zawartość zbiornika centralnego podawana pompą monośrubową 5a na sito rotacyjne 6 oddzielające części stałe od zawiesin, a następnie pompą monośrubową 5b na wirówkę dekantacyjną 7. Oddzielone w wirówce drobne części stałe są usuwane z procesu, a frakcja płynna jest przepompowywana pompą odśrodkową 8 do zbiornika buforowego 9 o pojemności 1 m³. Ze zbiornika buforowego olej podawany jest pompą 10 do wirówki 11, a po odwirowaniu pompą odśrodkową 12 podawany jest do zbiornika 13. Zbiornik buforowy 9 kompensuje różnice w przepustowościach wirówki dekantacyjnej 7 i wirówki 11.

5.1. Oleje z kręgosłupów, głów i skór łososi otrzymane w warunkach laboratoryjnych

W MIR-PIB w warunkach laboratoryjnych metodą hydrolizy wyprodukowano z różnych produktów ubocznych pięć rodzajów olejów:

- z tkanki kostnej głów (1, rys.39),
- z tkanki kostnej kręgosłupów (2, rys.39),
- z tkanki mięsno-tłuszczowej oddzielonej od skór (3, rys.39),
- z żeber z pozostałościami tkanki mięsno-tłuszczowej po ręcznym usunięciu z filetów (4, rys. 39),
- z kręgosłupów z pozostałościami tkanki mięsno-tłuszczowej (5, rys.39).



Rys. 39. Olej otrzymany z tkanki kostnej głów (1), tkanki kostnej kręgosłupów (2), z oddzielonej od skór tkanki mięsno-tłuszczowej (3), z żeber z pozostałościami tkanki mięsno-tłuszczowej (4), z kręgosłupów z pozostałościami tkanki mięsno-tłuszczowej (5)

(fot. MIR-PIB)

Olej z tkanki kostnej głów

Olej otrzymano po dwukrotnym wirowaniu zhydrolizowanej enzymatycznie tkanki głów. Masa otrzymanego oleju stanowiła 19,96% wyjściowej masy próbki. Biorąc pod uwagę stwierdzoną laboratoryjnie 22,63% zawartość tłuszczu w rozdrobnionej kostnej tkance głów 22,63%, wydajność jego odzyskania wyniosła około 51,7%. Olej charakteryzowała „brudnożółta” barwa.

Olej z tkanki kostnej kręgosłupów

Olej otrzymano po dwukrotnym wirowaniu zhydrolizowanej enzymatycznie tkanki kręgosłupów. Masa otrzymanego oleju stanowiła 11,70% wyjściowej masy próbki. Biorąc pod uwagę stwierdzoną laboratoryjnie 29,22% zawartość tłuszczu w rozdrobnionych kręgosłupach wydajność jego odzyskania wyniosła około 40%. Olej charakteryzowała klarowna intensywna pomarańczowo-łososiowa barwa.

Oleje z mięsno-tłuszczowej tkanki łosia

Oleje przy zastosowaniu wspomaganego enzymatyczną hydrolizą ługowania wodą wydzielono z:

- oddzielonej od skór tkanki mięsno-tłuszczowej,
- z żeber z pozostałościami tkanki mięsno- tłuszczowej,
- z kręgosłupów z pozostałościami tkanki mięsno-tłuszczowej.

Masa otrzymanych olejów stanowiła około 25% wyjściowej masy próbek, a wydajność ich odzyskania wyniosła około 60%.

Wyprodukowane w warunkach laboratoryjnych oleje dzięki temu, że były pozyskiwane z surowców w bardzo dobrym stanie świeżości i przy zastosowaniu procesów o łagodnych, zachowawczych parametrach, charakteryzowały się dobrą jakością sensoryczną. Poza olejem otrzymanym z tkanki kostnej głów były jasne, klarowne, o charakterystycznej barwie łososiowej. Miały neutralny smak i były pozbawione jęłkiego zapachu kojarzącego się z rybnym tranem, cechującego większość olejów rybnych.

Udziały poszczególnych kwasów tłuszczowych w olejach pozyskiwanych z tkanki kostnej głów i kręgosłupów oraz tkanki podskórnej przedstawiono w tabeli 37.

Tabela 37. Skład kwasów tłuszczowych w olejach łososiowych wydzielonych z głów, kręgosłupów oraz z tkanki podskórnej po ich enzymatycznej hydrolizie

Kwas tłuszczowy	Zawartość kwasu [%]		
	Olej z głów	Olej z kręgosłupów	Olej z tkanki podskórnej
C14:0	3,27	3,34	3,14
C15:0	0,16	0,20	0,15
C16:0	10,63	10,46	8,49
C17:0	-	-	0,17
C18:0	2,66	2,54	2,12
C20:0	0,17	0,18	0,14
C22:0	0,12	0,12	0,11
Σ SFA	17,01	16,84	14,32
C16:1	3,40	3,49	3,95
C18:1 n-9c	31,50	31,94	36,48
C18:1 n-9t	-	-	-
C20:1	5,28	5,59	4,72
C22:1	5,27	5,52	3,85
C24:1	0,45	0,45	0,30
Σ MUFA	45,90	46,99	49,29
C18:2 n-6c	10,20	10,37	12,25
C18:3 n-3	4,24	4,31	5,15
C18:3 n-6	-	-	-
C18:4	0,62	0,63	0,53
C20:2	1,86	1,90	1,39
C20:3 n-3	0,50	0,51	0,50
C20:3 n-6	0,11	0,12	0,14
C20:4 n-6	0,47	0,34	0,44
C20:5 n-3 (EPA)	5,30	4,73	4,96
C22:5 n-3 (DPA)	4,10	4,02	4,03
C22:6 n-3 (DHA)	9,66	9,15	6,97
Σ PUFA	37,06	36,08	36,37

Kwas tłuszczowy	Zawartość kwasu [%]		
	Olej z głów	Olej z kręgosłupów	Olej z tkanki podskórnej
Ogółem UFA	82,96	83,07	85,66
SFA/UFA	0,20	0,20	0,17
EPA + DHA	14,96	13,88	11,93
$\sum$ n-3 PUFA	23,80	22,72	21,62
$\sum$ n-6 PUFA	10,78	10,83	12,83
$\sum$ n-3/ $\sum$ n-6*	2,20	2,09	1,68
$\sum$ n-6/ $\sum$ n-3**	0,453	0,477	0,59

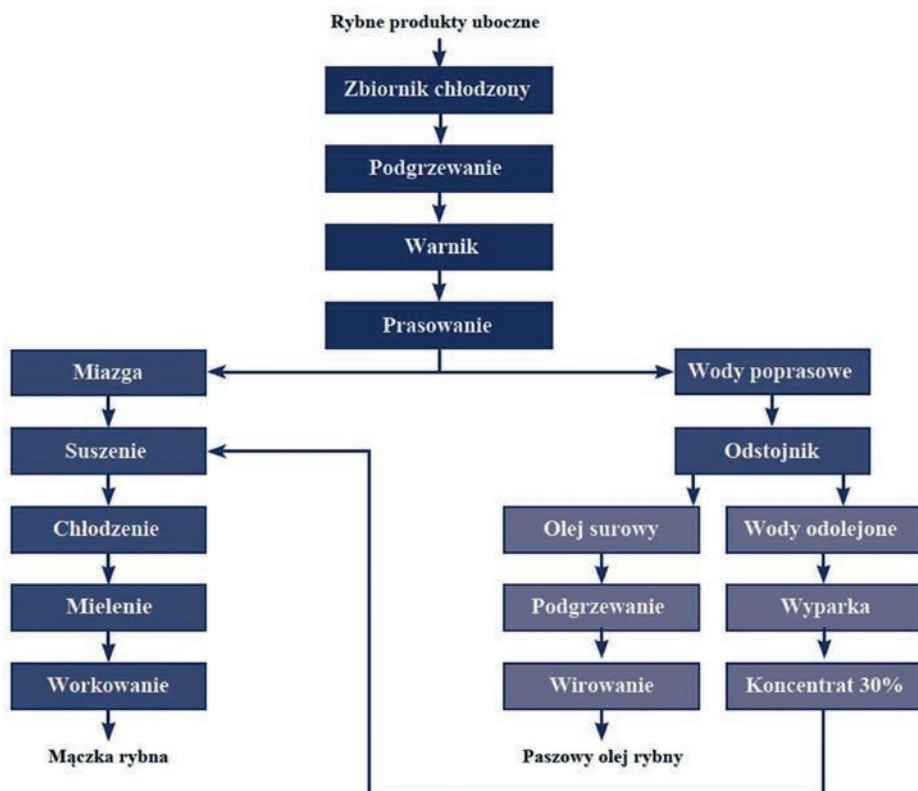
* W tłuszczach rybnych przyjmuje się za optymalny stosunek $\sum$ n-3/ $\sum$ n na poziomie 5.

** W tłuszczach rybnych przyjmuje się za optymalny stosunek $\sum$ n-6/ $\sum$ n -3 na poziomie 0,2.

Ich analiza wykazała, że oleje uzyskiwane z kręgosłupów i głów mają bardzo zbliżony skład kwasów tłuszczowych. Zawartość w nich kwasu DHA (C22:6 n-3) przekracza 9%, a kwasu EPA (C20:5 n-3) jest na poziomie 5%. W oleju pozyskiwanym z tkanki podskórnej zawartość kwasu DHA była nieco niższa - na poziomie 7%. Ze względu na niewielkie różnice w składzie kwasów tłuszczowych olejów produkty uboczne, z których one pochodzą mogą być traktowane jako dobre i jednorodne źródło niezbędnych w diecie ludzi kwasów omega-3 i w procesach odzyskiwania oleju rybnego mogą być łączone w dowolnych proporcjach.

5.2. Oleje z kręgosłupów, głów i skór łososi otrzymane w warunkach przemysłowych

Dla porównania z olejami otrzymanymi w warunkach laboratoryjnych na potrzeby badań wyprodukowano w warunkach przemysłowych w instalacji produkcji oleju i mączki rybnej (rys. 40) próbną partię oleju ze świeżych zmieszanych produktów ubocznych z łososi (głowy, kręgosłupy, skóry). Charakterystykę chemiczną surowca, z którego otrzymano olej przedstawiono w tabeli 38.



Rys. 40. Schemat przemysłowej instalacji produkcji oleju i mączki rybnej
(Usydus i Szlinder-Richert 2021)

Tabela 38. Charakterystyka chemiczna zmieszanych produktów ubocznych wykorzystanych w przemysłowej próbie technologicznej

Oznaczenie	Sucha masa	Tłuszcz	Popiół	Białko	N-LZA
	[%]	[%]	[%]	N _{og} x6,25	[mg/100g]
Zawartość	41,39 ± 0,45	25,02 ± 0,39	3,51 ± 0,15	13,25 ± 0,25	25,82 ± 0,64

Stosunkowo niska wartość N-LZA (25,82 mg/100 g) wskazuje na dobrą świeżość i jakość surowca wyjściowego, wykorzystanego do produkcji oleju łososiowego. Zgodnie z obowiązującym prawem produkty rybołówstwa wykorzystywane bezpośrednio do produkcji oleju rybnego przeznaczonego do spożycia przez ludzi, przy jednoczesnym spełnieniu szczegółowych wymagań wynikających z rozporządzenia (WE) nr 853/2004 nie mogą przekraczać limitu N-LZA 60 mg azotu/100 g.

Do oleju wyprodukowanego w warunkach przemysłowych dodano w ilości zalecanej przez producenta (0,08 do 0,1%) przeciwutleniacz Neubox HC Liquid o składzie:

- EQ – etoxyquin: E324 (2,2,4-trójmetrylo,1,2-dwuhydro,6-etoksychinolina),
- BHA – butylohydroksyanizol: E320 (3-tert-butylo-4-hydroksyanizol),
- BHT – E-321 (2,6-dwu-tert-butylo-4-metylofenol).

Zgodnie z przyjętym w projekcie założeniem wyprodukowano partię 10 kg oleju (rys. 41).



Rys. 41. Olej łososiowy wyprodukowany w warunkach przemysłowych
(fot. MIR-PIB)

Olej ten przechowywano w magazynie zaciemnionym w temperaturze od 15°C do 18°C, a olej wyprodukowany w warunkach laboratoryjnych przechowywano w lodówce w temperaturze 5°C i nie dodawano do niego przeciwutleniacza.

Charakterystyka chemiczna wyprodukowanych olejów łososiowych

W uzyskanych w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych olejach łososiowych, w krótkim czasie po ich wyprodukowaniu, określono liczby kwasową i nadtlenkową. Uzyskane wyniki dla prób obu olejów są bardzo niskie, praktycznie na tym samym poziomie. Liczby te, szczególnie liczby kwasowe równe 0,85 mg KOH/g oleju, świadczą o bardzo dobrej jakości olejów. Okresowo, w celach kontrolnych dokonywano pomiaru liczby kwasowej podczas przechowywania olejów, gdyż podczas przechowywania w olejach zachodzą zmiany jakościowe głównie wyrażane zmianami liczby kwasowej. Badano również zmianę wartości liczby nadtlenkowej, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 39.

Tabela 39. Zmiany wartości liczby kwasowej (LK) i nadtlenkowej (LOO) podczas przechowywania olejów

Czas przechowywania	Olej przemysłowy		Olej laboratoryjny	
	LK	LOO	LK	LOO
miesiąc	mg KOH/g oleju	mEq O ₂ /kg oleju	mg KOH/g oleju	mEq O ₂ /kg oleju
0	0,85 ± 0,02	4,03 ± 0,11	0,85 ± 0,02	4,01 ± 0,19
2	2,20 ± 0,07	-	1,29 ± 0,02	-
4	3,40 ± 0,05	4,07 ± 0,07	1,83 ± 0,04	28,43 ± 0,53
6	2,92 ± 0,01	4,09 ± 0,11	1,83 ± 0,02	50,62 ± 0,56

Stwierdzone po 6 miesiącach przechowywania zmiany liczby kwasowej w oleju pochodzącym z przemysłowej produkcji były większe niż w przypadku oleju otrzymanego w warunkach laboratoryjnych. Najprawdopodobniej było to wynikiem różnic w warunkach ich przechowywania. Olej wyprodukowany przemysłowo przechowywany był w temperaturze otoczenia, to jest w około 15 - 20°C, natomiast olej uzyskany w warunkach laboratoryjnych przechowywany był w lodówce w temperaturze około 5°C. Należy podkreślić, jak wcześniej podano, olej rybny o liczbie kwasowej poniżej 10 mg KOH/g jest uznawany za olej dobrej jakości. Zdecydowanie inna sytuacja wystąpiła w przypadku zmian liczby nadtlenkowej w przechowywanych olejach. Do oleju uzyskanego w warunkach przemysłowych bezpośrednio po wyprodukowaniu dodano przeciwutleniacz Neubox HC Liquid skutecznie zabezpieczający olej przed utlenianiem. Natomiast do oleju uzyskanego w warunkach laboratoryjnych nie dodano przeciwutleniacza, co wpłynęło tempo jego utleniania się w czasie przechowywania. W normie dla olejów rybnych surowych nie określa się liczby nadtlenkowej, natomiast dla tłuszczów paszowych liczba nadtlenkowa powinna być poniżej 20 milirównoważników O₂/kg oleju. W przypadku oleju bez dodatku przeciwutleniacza wartość ta została przekroczona po około 2,5 miesiącach przechowywania.

W olejach łososiowych:

- olej 1 - uzyskany w warunkach przemysłowych z mieszaniny produktów ubocznych łososi (głowy, kręgosłupy, skóry),
- olej 2 - uzyskany w warunkach laboratoryjnych z tkanki mięsnej przylegającej do kręgosłupów,
- olej 3 - uzyskany w warunkach laboratoryjnych z tkanki mięsnej przylegającej do żeber i ścinków płatów brzusznych.

Określono skład kwasów tłuszczowych. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 40.

Tabela 40. Skład kwasów tłuszczowych w olejach otrzymanych z różnych produktów ubocznych łososi

Kwas tłuszczowy	Udział kwasu tłuszczowego w składzie oleju [%]		
	Olej 1	Olej 2	Olej 3
C14:0	2,56	2,76	2,57
C15:0	0,2	0,2	0,19
C16:0	8,81	9,24	8,59
C17:0	0,18	0,17	0,16
C18:0	2,73	2,75	2,61
C20:0	0,3	0,33	0,29
C22:0	0,19	0,2	0,18
Σ SFA	14,97	15,65	14,59
C16:1	2,77	2,84	2,82
C18:1 n-9c	39,11	39,35	39,64
C20:1	4,45	4,56	4,58
C22:1	0,63	0,61	0,66
C24:1	0,39	0,42	0,38
Σ MUFA	47,35	47,78	48,08
C18:2 n-6c	14,68	14,43	14,43
C18:3 n-3	5,66	5,78	5,72
C18:3 n-6	0,12	0,13	0,13
C18:4	0,52	0,56	0,54
C20:2	1,57	1,38	1,59
C20:3 n-3	0,67	0,65	0,69
C20:3 n-6	0,19	0,2	0,2
C20:4 n-6	0,43	0,41	0,39
C20:5 n-3 (EPA)	3,97	3,85	3,77
C22:2	0,13	0,12	0,13
C22:5 n-3 (DPA)	3,4	3,09	3,71
C22:6 n-3 (DHA)	6,34	5,97	6,03
Σ PUFA	37,68	36,57	37,33
EPA + DHA	10,31	9,82	9,8
Σ n-3 PUFA	20,56	19,9	20,46
Σ n-6 PUFA	17,12	16,67	16,87
Σ n-3/Σ n-6	1,2	1,19	1,21

EPA – eikozapentaenowy C:20:5 n-3, DHA - dokozaheksaenowy C:22:6 n-3

DPA - dokozapentaenowy C:22:5 n-3, ALA a-linolenowy C:18:3 n-3

Analiza udziałów poszczególnych kwasów tłuszczowych w przebadanych olejach wykazała, że produkty uboczne z łososi są stosunkowo bogatym źródłem niezbędnych pod względem odżywczym n-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (tzw. kwasów omega-3). Udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (Σ PUFA), w tym kwasów n-3 i n-6 PUFA, w składzie kwasowym tłuszczu jest istotny z punktu widzenia właściwości prozdrowotnych. W składzie kwasów tłuszczowych w olejach łososiowych wyprodukowanych w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych, pochodzących z różnych produktów ubocznych, nie stwierdzono istotnych różnic. Nieco korzystniejszym składem charakteryzował się olej uzyskany w warunkach przemysłowych z produktów ubocznych mieszanych.

Zanieczyszczenia chemiczne w olejach

W olejach wyprodukowanych w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych zbadano zawartość pestycydów chloroorganicznych, polichlorowanych bifenyli oraz metali szkodliwych dla zdrowia. Wyniki przedstawiono w tabelach 41 i 42.

Tabela 41. Zawartość pestycydów chloroorganicznych w olejach łososiowych otrzymanych w warunkach przemysłowych (olej1) i laboratoryjnych (olej 2)

Olej	Pestycyd								
	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	Suma HCH	HCB	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Suma DDT
	Zawartość w oleju [$\mu\text{g/g}$]								
Olej1	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,012	0,004	0,002	0,018
Olej2	0,001	0,001	0,004	0,006	0,004	0,026	0,004	0,005	0,035

Tabela 42. Zawartość polichlorowanych bifenyli w olejach łososiowych otrzymanych w warunkach przemysłowych (olej 1) i laboratoryjnych (olej 2)

Olej	Bifenyl							
	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB 180	Suma PCB
	Zawartość w oleju [$\mu\text{g/g}$]							
1	0,001	0,001	0,006	0,003	0,008	0,006	0,003	0,028
2	0,001	0,002	0,013	0,006	0,016	0,012	0,006	0,050

Stwierdzona w badanych olejach zawartość pestycydów i polichlorowanych bifenyli jest bardzo niska. Zgodnie z rozporządzeniem Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. z późn. zm. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych, dla olejów z ryb najwyższy dopuszczalny poziom sumy wymienionych związków PCB wynosi 200 ng/g i jest znacznie wyższy niż stwierdzony w badanych olejach.

W tabeli 43 przedstawiono stwierdzone zawartości metali ciężkich w oleju wyprodukowanym w warunkach przemysłowych.

Tabela 43. Zawartości metali ciężkich w oleju wyprodukowanym w warunkach przemysłowych

Metal	Zawartość w oleju [mg/kg świeżej masy]	
	Dopuszczalny poziom	Stwierdzona zawartość
Cd	0,05	0,03
Pb	0,03	0,025
Hg	0,50	0,007

Ocena mikrobiologiczna oleju łososiowego

Kontrolne badania mikrobiologiczne wyprodukowanego w warunkach przemysłowych oleju łososiowego wykazały, że jego czystość mikrobiologiczna jest bardzo dobra, gdyż nie stwierdzono w nim obecności:

- *Enterobacteriaceae* (PN-R-64792:1997P) - w 0,1 g i w 0,01 g.
- pałeczki z grupy *Salmonella* (PN-EN ISO 6579:2003P) - w 25 g.
- *Clostridium perfringens* (PN-EN ISO 7937:2005P) - w 1 g i w 0,1 g.

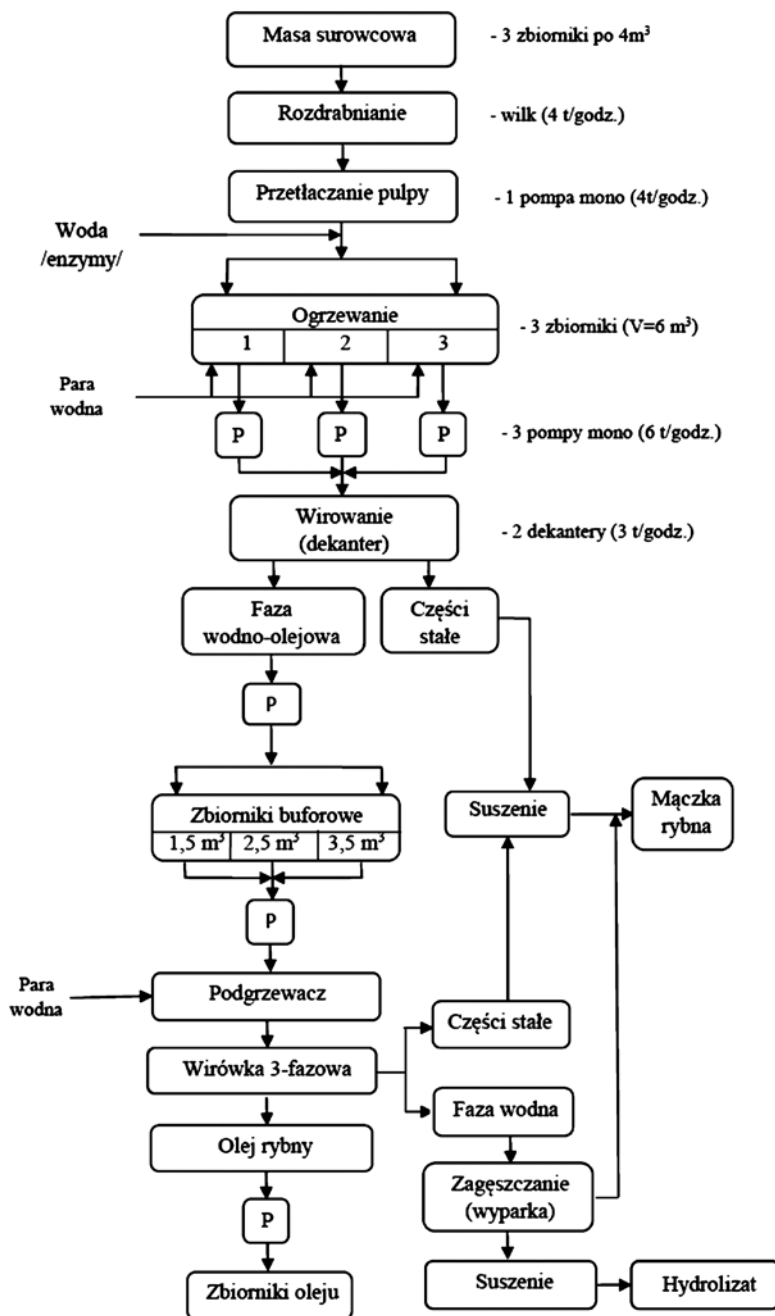
5.3. Założenia technologiczne procesu odzyskiwania oleju z produktów ubocznych przetwórstwa łososi w dużej skali

Biorąc za podstawę wyniki badań i prób opracowano koncepcję technologiczno-technicznego rozwiązania dostosowanego do odzyskiwania oleju rybnego z produktów ubocznych w zakładzie przetwórstwa łososi o skali przetwórstwa rzędu 200 t łososi na dobę przetwórstwa łososi. Schemat opracowanego procesu technologicznego przedstawiono na rysunku 42.

W założeniach przyjęto, że układ technologiczny poszczególnych operacji procesu powinien umożliwić stosowanie do odzyskiwania oleju rybnego dwóch wariantów ługowania - wodą w temperaturze około 90°C i ługowania wspomaganego enzymatyczną hydrolizą masy surowcowej w temperaturze optymalnej dla aktywności stosowanych enzymów (40 - 55°C). Centralną częścią zakładanego układu technologiczno-technicznego jest bateria trzech izolowanych termicznie zbiorników walcowych o pojemności około 7 m³ każdy, wyposażonych w mieszadło łapowe. Zakłada się podgrzewanie surowca podawaną do zbiornika „żywą” parą. W założeniach procesu odzyskiwania oleju z zastosowaniem enzymatycznej hydrolizy masy surowcowej przyjęto, że czas procesu hydrolizy w optymalnych warunkach temperaturowych będzie wynosił 2 godziny. W połączeniu z jednogodzinnymi czasami załadunku i rozładunku zbiornika cykl jego pracy wynosi 4 godziny. Po uwzględnieniu 30-minutowych odstępów pomiędzy kolejnymi cyklami w ciągu doby i założeniu, że łączny wsad do zbiorników w jednym cyklu to około 4 tony surowca, szacuje się, że przepustowość 3-zbiornikowej linii wynosi około 60 ton przetwarzanych produktów ubocznych.

Zakładany proces, w wariantcie z wykorzystaniem enzymatycznej hydrolizy masy surowcowej, oprócz odzyskiwania wysokiej jakości oleju rybnego, umożliwia również uzyskiwanie białkowego hydrolizatu rybnego, który mógłby być przeznaczony do

wytwarzania produktów o wysokiej wartości odżywczej, na przykład specjalistycznych pasz dla akwakultury lub nawet specjalistycznych odżywek białkowych dla ludzi.



Rys. 42. Schemat procesu technologicznego, o przepustowości 60 t/dobę, odzyskiwania oleju z mieszaniny produktów ubocznych przetwórstwa łososi

Na podstawie uśrednionych wyników badań można szacować, że przetwarzając 60 t/dobę mieszanych produktów ubocznych można otrzymać:

a) w wariancie z enzymatyczną hydrolizą masy surowcowej:

- około 13 t oleju rybnego,
- około 4,5 t suchego hydrolizatu rybnego,
- około 5,4 t mączki rybnej,

b) w wariancie bez hydrolizy masy surowcowej:

- około 13 t oleju rybnego,
- około 12 t mączki rybnej.

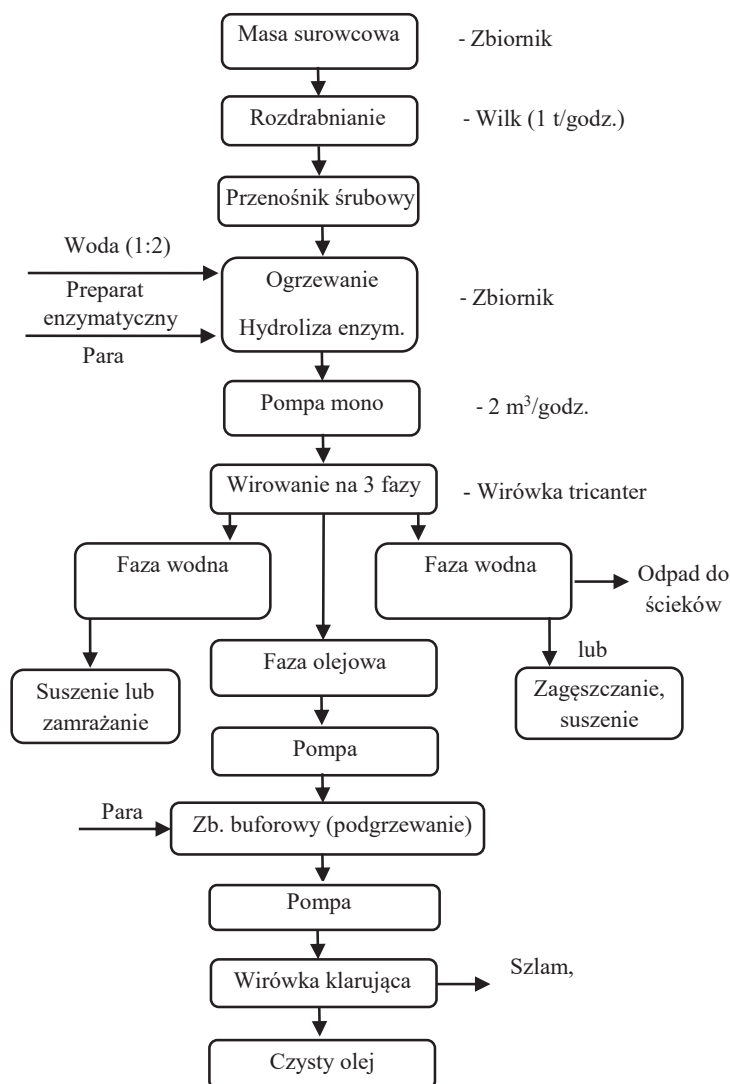
Proces odzyskiwania oleju rybnego w wariancie bez stosowania enzymatycznej hydrolizy masy surowcowej w swej istocie jest zbliżony do klasycznych procesów wytwarzania mączki rybnej metodą dwustopniową z odzyskiwaniem oleju i suchej masy z wycieku termicznego.

5.4. Założenia technologiczne procesu odzyskiwania oleju z produktów ubocznych przetwórstwa łososi w skali do 10 t/dobę

Biorąc pod uwagę, że w zakładzie o skali przetwórstwa do 10 t/dobę operacje obróbki wstępnej ryb (odgławiania, filetowania, odskórzania filetów) wykonywane są na ogół w ciągu jednej zmiany, można założyć, że zasadnicza masa surowców odpadowych w ilości 2,7 - 3 t jest dostępna do przetwarzania pod koniec tej zmiany. Pierwsza partia surowca o wielkości około 1 tony powinna być dostępna już po około 4 godzinach od rozpoczęcia obróbki wstępnej.

Zakładając, że odzyskiwanie oleju z produktów ubocznych w małych zakładach powinno zamknąć się w ciągu dwóch zmian roboczych, to czas na przeznaczony na odzyskiwanie oleju wynosi 12 godzin. Pozwala to na przeprowadzenie 3 czterogodzinnych cykli przy przepustowości około 0,9 - 1 t masy surowcowej w czasie jednego cyklu. Zakłada się, że odzyskiwanie będzie prowadzone termiczno-enzymatyczną metodą ługowania.

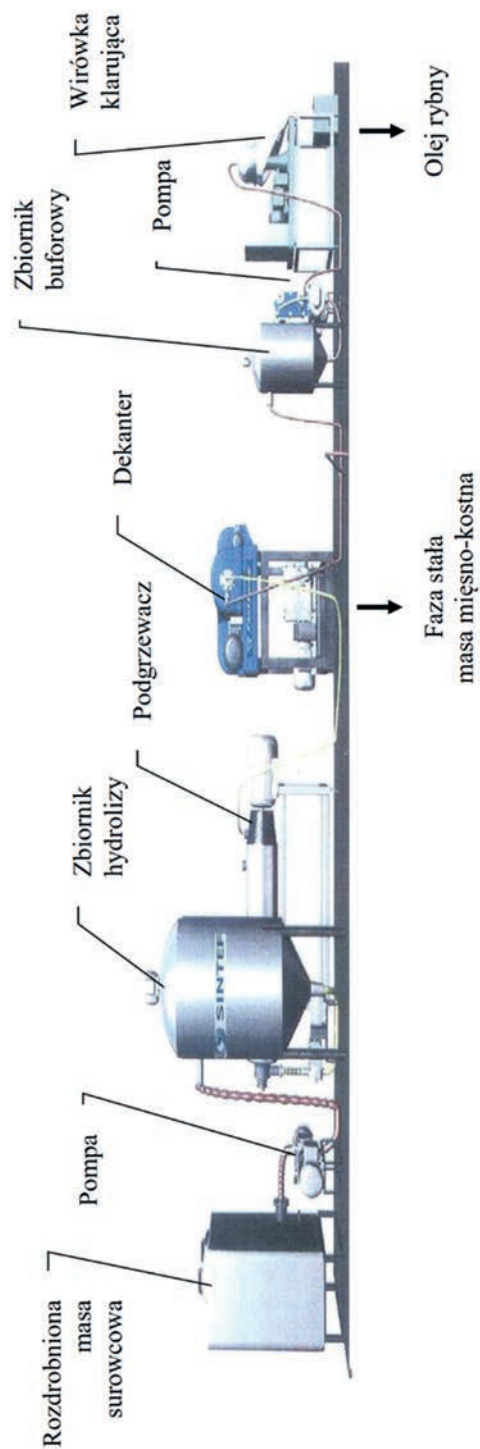
Przedstawione wyżej dane wyjściowe pozwalają oszacować wielkość instalacji, której schemat technologiczno-techniczny przedstawia rysunek 43.



Rys. 43. Schemat zakładanego procesu technologicznego odzyskiwania oleju z mieszanych produktów ubocznych o przepustowości do 3 t/12 godz.

Instalacja techniczna do odzyskiwania oleju z odpadów rybnych zakładaną metodą byłaby stosunkowo prosta. Głównymi i najbardziej kosztownymi urządzeniami w takiej instalacji byłyby specjalistyczne wirówki: pozioma wirówka (dekanter) do rozdziału ługowanej masy surowcowej na dwie fazy - ciekłą i stałą oraz pionowa, szybkoobrotowa wirówka talerzowa (klaryfikująca) do separacji z fazy ciekłej oleju od frakcji wodnej.

Układ poszczególnych urządzeń w takiej instalacji technicznej mógłby być podobny, jak w modelowej linii przeznaczony do hydrolizy surowców rybnych i wydzielania z nich oleju, opracowany w SINTEF Fisheries and Aquaculture w Stavanger w Norwegii (rys. 44).



Rys. 44. Schemat instalacji do odzyskiwania oleju z surowców rybnych
(Rasa Slizite, Ivar Storro, SINTEF Fisheries and Aquaculture, Stavanger, Norwegia, 2010)

W wariacie tym, oprócz produktu głównego procesu - oleju rybnego, uzyskiwano by też produkt uboczny, czyli odwirowaną stałą, wilgotną odtłuszczoną masę mięsno-kostną z ryb. Masa ta mogłaby być wykorzystywana jako składnik karmy dla zwierząt futerkowych lub zwierząt domowych. W miejscu jej powstawania mogłaby ona być zamrażana w celu utrwalenia przed przekazaniem hodowcom zwierząt futerkowych lub wytwórcom karmy dla zwierząt domowych. Odwirowana w procesie faza wodna z zawiesiną białkową musiałaby jednak być traktowana jako ścieki z produkcji. Można szacować, że w rezultacie stosowania zakładanego procesu przy przetwórstwie około 2700 kg odpadów rybnych z przetwórstwa łososi, uzyskano by około 500 kg oleju rybnego oraz około 600 kg karmy dla zwierząt - odtłuszczonej wilgotnej masy mięsno-kostnej.

5.5. Oleje z łososia jako źródło witamin

Oleje otrzymane z produktów ubocznych przetwórstwa łososi oprócz nienasyconych kwasów tłuszczowych zawierają także rozpuszczalne w tłuszczach witaminy A, D₃ i E. Ich zawartość w oleju zależy w dużym stopniu od rodzaju produktu ubocznego, z którego uzyskano olej.

W tabeli 44 przedstawiono zawartość witamin A, D₃ i E w próbach olejów otrzymanych z tkanki mięśniowej, z surowych skór po odskórzeniu filetów surowych oraz ze skór po odskórzeniu filetów wędzonych.

Tabela 44. Zawartość witamin A, D₃ i E w oleju rybnym otrzymanym z różnych rodzajów produktów ubocznych przetwórstwa łososi

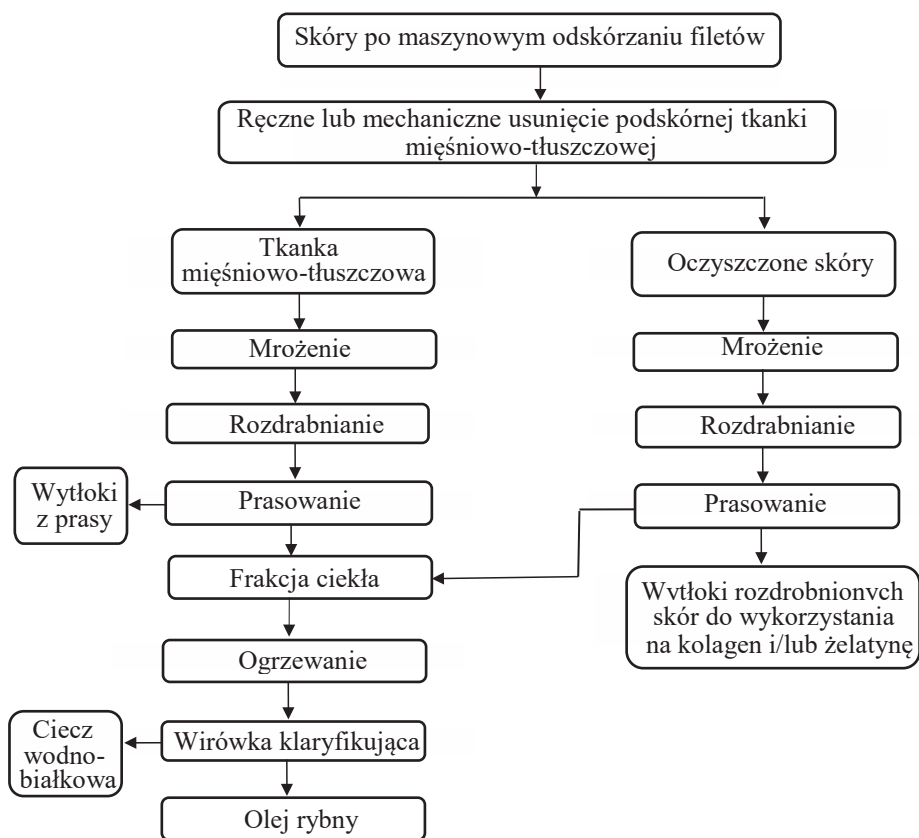
Źródło oleju	Witamina [μg/100 g]		
	A	D ₃	E
Tkanka mięśniowa	1140	15,2	13410
Skóry surowe	12310	20,0	8099
Skóry wędzone	8600	33,5	8402

Olej z tkanki mięśniowej wyróżnia się najwyższą zawartością witaminy E, lecz stosunkowo niewielką zawartością witaminy A, której dużo zawiera olej z surowych skór - ponad 12000 μg/100 g, czyli tyle ile marchew - jedno z najbogatszych, naturalnych źródeł tej witaminy. Oleje z produktów ubocznych przetwórstwa łososi są też umiarkowanie bogatym źródłem witaminy D₃ (15 - 33 μg/100 g). Jeżeli chodzi o witaminę E, której minimalna dawka dzienna dla człowieka to 5 mg, oleje otrzymywane z produktów ubocznych przetwórstwa łososi można uznać za wartościowe źródło, chociaż jej poziom zawartości (0,13 mg/g) jest ponad 10 razy niższy niż na przykład w oleju sojowym (0,8 - 2,8 mg/g). Obecność znaczących ilości witamin A, D₃ i E stanowi walor tych olejów jako produktu dodatkowego, możliwego do pozyskiwania z produktów ubocznych przetwórstwa łososi.

6. Wykorzystanie skór po filetowaniu do produkcji żelatyny i kolagenu

Skóry łososiowe wraz z podskórną tkanką mięśniowo-tłuszczową, stanowiące około 22% masy produktów ubocznych przetwórstwa łososi, ze względu na wysoką zawartość tłuszczu oraz potencjalną zawartość kolagenu, są interesującym surowcem do wytwarzania z nich nie tylko oleju, lecz również żelatyny i kolagenu.

Możliwy do zastosowania w praktyce przemysłowej proces technologiczny przetwórstwa skór łososiowych przedstawiono graficznie na rysunku 45.



Rys. 45. Schemat procesu technologicznego wykorzystania skór łososiowych

Pod względem anatomicznym skóry pozyskiwane z maszynowego odskórzania filetów łososi składają się z trzech warstw:

- zewnętrznej, utworzonej przez stanowiące około 20% masy skóry łuski,
- środkowej, którą tworzy skóra właściwa stanowiąca około 35% masy skóry,
- wewnętrzną, którą tworzy przylegająca do skóry tkanka mięsno-tłuszczowa stanowiąca około 45% jej masy.

Białka kolagenowe, będące substancją wyjściową do uzyskiwania żelatyny i kolagenu, znajdują się w skórze właściwej i stanowią tylko około 60% białek zawartych w skórkach po odskórzaniu filetów. Bezwzględna zawartość białek kolagenowych w skórkach po maszynowym odskórzaniu filetów przeciętnie wynosi od 9 do 10%.

Na podstawie wyników przeprowadzonych w skali laboratoryjnej badań otrzymania żelatyny oraz natywnego kolagenu z odpadowych skór po odskórzaniu filetów z łososi opracowano założenia techniczne budowy pilotażowej linii do ich produkcji. Określono podstawowe operacje technologiczne i ich parametry uwzględniając możliwości ich przeniesienia do skali przemysłowej. Przy formułowaniu warunków budowy pilotażowej linii przyjęto, że ma ona być wykorzystywana do weryfikacji poprawności przyjętych założeń technologicznych, rozwiązań technicznych do realizacji poszczególnych operacji technologicznych oraz optymalizacji parametrów prowadzenia procesu. Nie postawiono żadnych warunków dotyczących ich postaci surowca wejściowego; założono możliwość obróbki surowych skór łososi z łuską i tkanką podskórną lub skór z nich oczyszczonych. W przypadku produkcji żelatyny dopuszczono również wykorzystanie skór wędzonych. Skóry mogą być świeże lub mrożone.

Przyjęto modułową budowę linii pilotażowej opartej o podstawową jednostkę roboczą - reaktor - przewidzianą do przetwarzania 50 kg skór. Budowa modułowa umożliwia przez dublowanie reaktora wielokrotne zwiększanie skali produkcji. Linia pilotażowa nie jest związana z przetwórcią łososi. Jej budowa umożliwia jednak pracę zarówno w niej jak i w jej sąsiedztwie. W przypadku usytuowania linii pilotażowej poza przetwórcią, surowiec musi być partiami mrożony i dostarczany do dalszej obróbki.

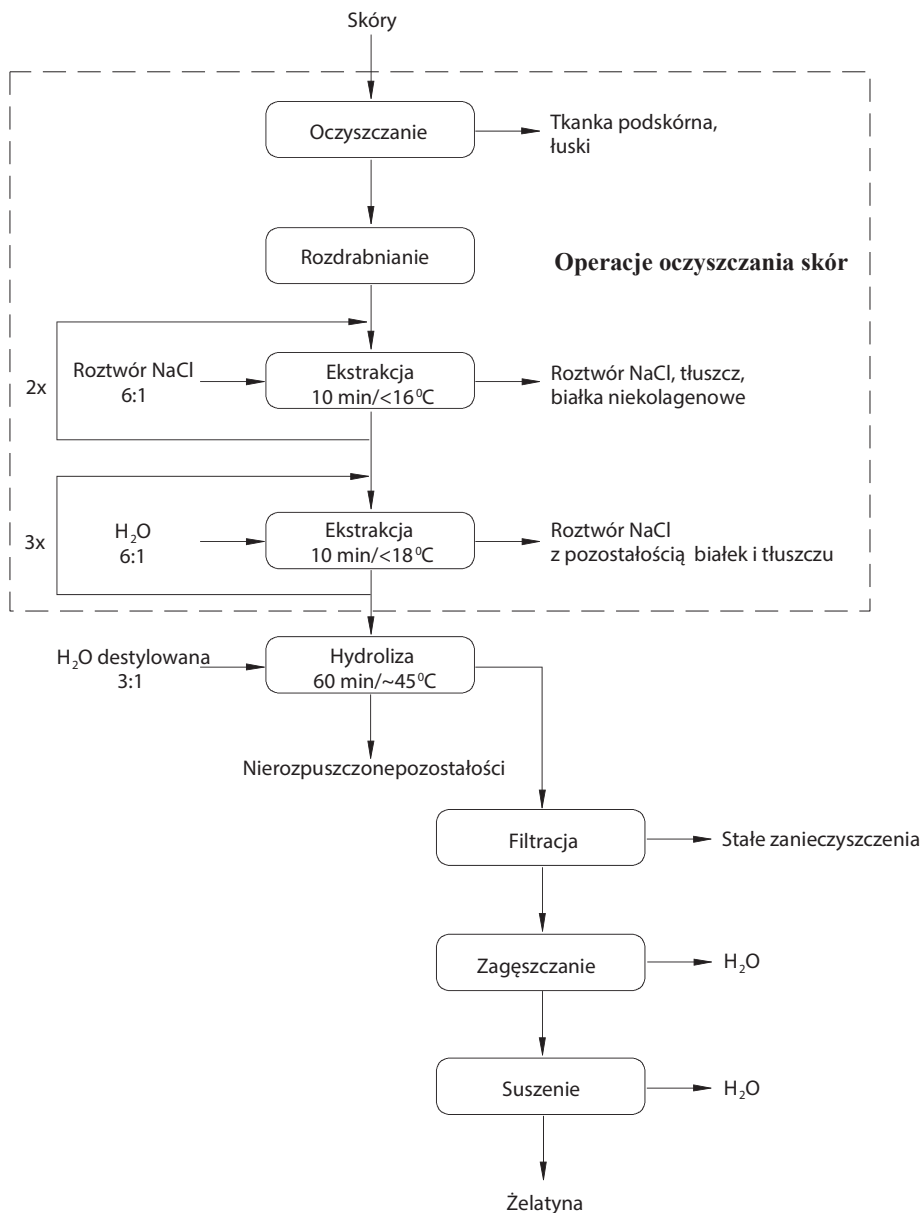
W trakcie produkcji żelatyny lub kolagenu powstają produkty niepożądane w postaci ścieków czy pozostałości poekstrakcyjnych. Przedmiotem zadania nie jest ich utylizacja, jednak wskazano drogę, jak minimalizować ich ilość.

6.1. Linia pilotażowa produkcji żelatyny

Po rozpoznaniu literaturowym uznano, że docelowym, łatwiejszym i mniej kosztownym kierunkiem wykorzystania skór łososiowych będzie otrzymywanie żelatyny.

Proces wytwarzania żelatyny ze skór łososi polega na cieplnej żelatynizacji białek kolagenowych, z których zbudowana jest skóra właściwa, i ekstrakcji tych białek do środowiska wodnego. Odbywa się to w temperaturze powyżej 40°C. Warunkiem niezbędnym otrzymania żelatyny o jak największym stopniu czystości jest maksymalne usunięcie ze skór przed ekstrakcją wszelkich składników niekolagenowych, a w szczególności tłuszczu i związanych ze skórą pozostałości tkanki mięśniowej.

Na podstawie wyników prób opracowano możliwy do zastosowania w skali pilotażowej proces wytwarzania żelatyny z surowych skór łososiowych. Jego schemat przedstawiony jest na rysunku 46.



Rys. 46. Schemat technologiczny procesu otrzymywania żelatyny ze skór

6.1.1. Oczyszczanie i rozdrabnianie skór

Skóry właściwe z przylegających do nich balastowych zanieczyszczeń niekolagenowych można oczyszczać:

- mechanicznie - mizdrowanie oraz oddzielanie łuski skrobakiem,
- mechaniczno-fizykochemicznie poprzez ługowanie skór wodą lub wodnymi roztworami soli nieorganicznych, na przykład chlorku sodu (NaCl).

Oczyszczanie skór z łososi jest także niezbędne w przypadku ich wykorzystywania do pozyskiwania kolagenu rybnego w procesie odrębnym od procesu pozyskiwania żelatyny.

Przed oczyszczaniem zabezpieczone chłodniczo skóry można rozmrażać partiami w powietrzu lub pod natryskiem wodnym. Zaleca się podnieść temperaturę surowca tylko do około 10°C ze względu na korzystny wpływ niższej temperatury na skuteczność operacji mizdrowania i rozdrabniania.

Mizdrowanie

Mizdrowanie polega na przepuszczeniu każdej skóry przez urządzenie ścinające lub zeszkrobujące przylegające do nich po filetowaniu pozostałości tkanki mięśniowo-tłuszczowej. Wymaga ono ręcznego podawania każdej skóry do urządzenia, przy czym każda skóra przed wprowadzeniem do urządzenia musi być odpowiednio i starannie ułożona. Z tego powodu mizdrowanie dużych ilości skór jest pracochłonne i długotrwałe.

W rezultacie mizdrowania następuje redukcja masy skór o około 60 - 70% i zmienia się ich skład chemiczny.

W tabeli 45 na podstawie wyników modelowych prób laboratoryjnych przedstawiono prognozowany bilans masowo-chemiczny operacji maszynowego mizdrowania 100 kg skór po odkórzaniu filetów z łososi.

Tabela 45. Prognozowany bilans masowo-chemiczny operacji maszynowego mizdrowania 100 kg skór z odkórzanych filetów

Składnik	Skóra przed mizdrowaniem	Skóra po mizdrowaniu
	[kg]	[kg]
Masa	100	37,6
Sucha masa	49,10	14,40
Tłuszcz	31,00	3,84
Popiół	2,27	0,57
Azot	2,76	1,77
Hydroksyprolina	0,80	0,63
Białka ogółem	15,83	10,0
Białka kolagenowe	10,24	8,06
Białka niekolagenowe	5,60	1,94

Znajomość bilansu masowo-chemicznego operacji maszynowego mizdrowania jest ważna dla oceny jego celowości i skutków zastosowania jako pierwszej operacji w procesie przetwarzania skór na żelatynę lub kolagen. Z prognozowanego bilansu wynika, że mizdrowanie umożliwia wydzielenie ze skór ponad 85% tłuszczu będącego główną substancją balastową w procesie wytwarzania żelatyny albo kolagenu. W efekcie następuje również o około 60% redukcja masy skór poddawanych procesom ekstrakcyjnym; umożliwia to zastosowanie w linii produkcyjnej urządzeń technicznych w mniejszej skali. Jest to istotne ze względu na koszty inwestycyjne budowy linii oraz wielkość zajmowanej przez nią przestrzeni.

Niedogodnością operacji mizdrowania i odłuszczenia skór jest strata około 20% białek kolagenowych zawartych w skórach, a zwłaszcza w łuskach, skutkująca zmniejszeniem wydajności procesu produkcji.

Tłuszcz pozostający w skórach po mizdrowaniu stanowi ponad 10% ich masy i w celu uzyskania żelatyny i kolagenu o wysokim stopniu czystości, należy w dalszym postępowaniu usunąć go w możliwie maksymalnym stopniu.

Oczyszczanie skór przez ekstrakcję i wymywanie

Przylegające do skór zanieczyszczenia niekolagenowe można znacznie zredukować na drodze wymywania wodą i/lub ekstrakcji na zimno odpowiednimi wodnymi roztworami. W przypadku żelatyny dużą skuteczność zapewnia ekstrakcja białek niekolagenowych w roztworze soli (np. NaCl) przy jednoczesnym wymywaniu tłuszczu poprzez intensywne mieszanie układu skór i wodnego roztworu soli. Takie mieszanie układu ułatwia i przyspiesza oddzielanie od skóry właściwej przylegających do nich łusek oraz tkanki mięśniowo-tłuszczowej. Metodę tę można zastosować do skór niemizdrowanych, które wstępnie należy rozdrobnić.

Zastosowanie do ekstrakcji skór roztworu soli kuchennej (NaCl) o stężeniu od 2 do 3% powoduje rozpuszczanie i przechodzenie do roztworu części przylegających do skóry właściwej białek tkanki mięśniowej, co zwiększa stopień usuwania balastowych białek niekolagenowych oraz dodatkowo ułatwia uwolnienie tłuszczu ze struktur tkankowych.

Ekstrakcja i płukanie skór wodnym roztworem soli umożliwia oczyszczenie w jednej, stosunkowo krótkotrwałej operacji większej ilości skór w sposób w pełni zmechanizowany, bez nakładu pracy ręcznej. Jest to dużą zaletą tej metody w stosunku do mizdrowania. Pewnym mankamentem metody ekstrakcji i wymywania jest konieczność stosowania stosunkowo dużych zbiorników, gdyż do uzyskania wystarczającej skuteczności oczyszczania minimalny stosunek masy kąpieli ługującej do masy skór nie powinien być mniejszy niż 3 : 1. Niedogodność tę można zmniejszyć stosując wstępnie zmniejszające masę skór mizdrowanie.

Rozdrabnianie

Korzystnie jest poddawać rozdrabnianiu skóry z usuniętą tkanką podskórną. Zalecaną metodą rozdrabniania jest cięcie skór częściowo rozmrożonych. Dopuszcza się rozdrabnianie schłodzonych skór surowych. W linii sprawdzili się rozdrabniacz typu wilk z sitkiem typu szarpacz.

6.1.2. Hydroliza

Otrzymywanie żelatyny następuje w wyniku hydrolizy zawartego w skórze kolagenu. Realizujemy to przez intensywne mieszanie skór w ciepłej (45°C) wodzie. Operację tę zapewnia nam mieszalnik z obrotowym mieszadłem i płaszczem grzejnym.

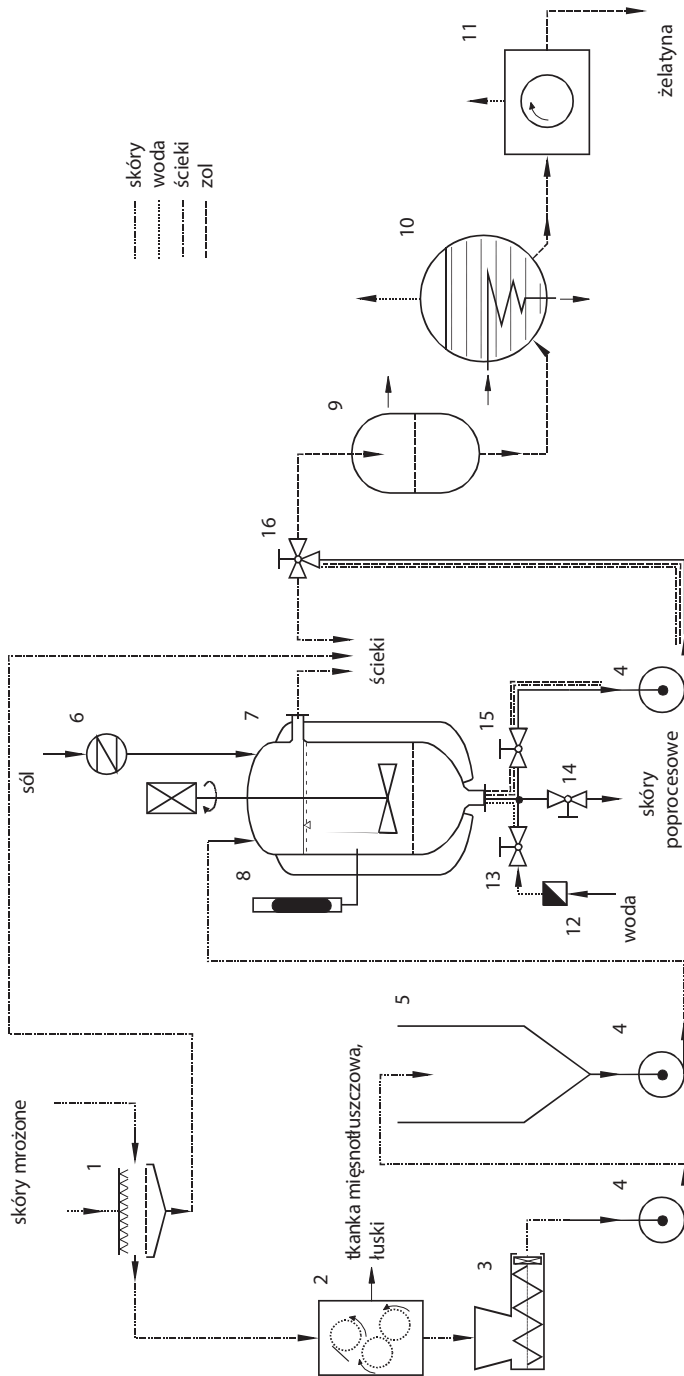
W wyniku procesu żelatyna zawarta w skórze zostaje rozpuszczona w wodzie tworząc układ koloidalny - zol, który następnie oddzielany jest od pozostałości skór w filtrze grawitacyjnym z przegrodą o dużych oczkach.

Przesącz, po oddzieleniu od niego drobnych stałych zanieczyszczeń, zostaje zagęszczony w wyparce, a następnie zestalony.

6.1.3. Urządzenia linii do produkcji żelatyny

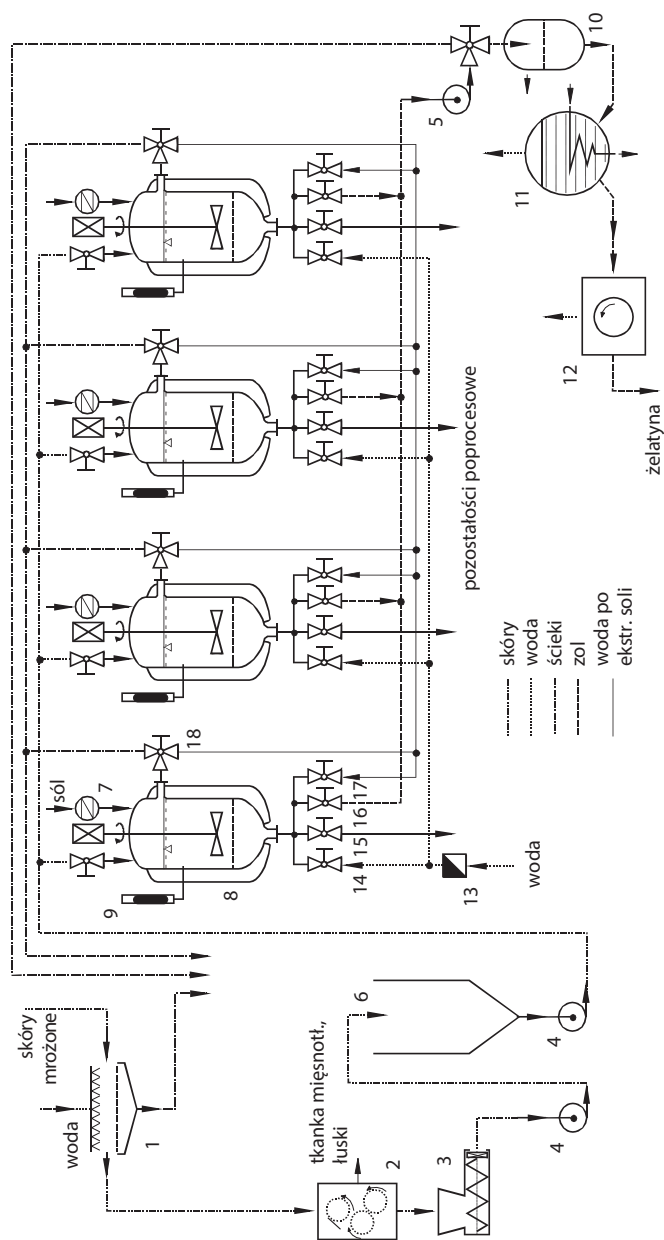
Urządzenia linii na bazie jednego reaktora schematycznie przedstawione są na rysunku 47. Skóry surowe lub po rozmrożeniu na stanowisku rozmrażania 1 podaje się pojedynczo do urządzenia czyszczącego - mizdrownicy 2. Oczyszczone skóry grawitacyjnie dostają się do wilka skąd system pompowy 4 dostarcza je do zbiornika buforowego 5. Po zgromadzeniu porcji surowca, wymaganej do produkcji, system pompowy zbiornika dostarcza skóry do reaktora 7. Do zbiornika podawana jest sól dozownikiem 6 i dostarczana woda zaworem 13. Ścieki odprowadzane są poprzez zawór dwudrożny 16 do oczyszczalni, a zol poprzez filtr 9 do wyparki. Zagęszczona ciecz trafia do suszarki, z której odbierany jest gotowy produkt.

Jak już wspomniano, linia pilotażowa ma budowę modułową, ułatwiającą poprzez zwiększenie liczby reaktorów zwiększenie jej przepustowości. Na rysunku 48 przedstawiony jest skład linii złożonej z czterech reaktorów.



1- stanowisko rozmrażania, 2- mizdrownica, 3- wilk, 4- pompa, 5- zbiornik buforowy, 6- dozownik soli, 7- reaktor z płaszczem grzeijnym, 8- termometr, 9- filtr, 10- wyparka, 11- suszarka walcowa, 12- miernik natężenia przepływu, 13- zawór wody, 14- zawór pozostałości poprocesowych, 15- zawór ścieków lub zółu, 16- zawór dwudrożny

Rys. 47. Jednoreaktorowa linia do produkcji żelatyny



1- stanowisko rozmrażania, 2- mizdrznica, 3- wilk, 4- pompa, 5- pompa, 6- dozownik soli, 7- dozownik soli, 8- reaktor z płaszczem grzeijnym, 9- ukł. regulacji temp., 10- filtr, 11- wyparka, 12- suszarka walcowa, 13- miernik natężenia przepływu, 14- zawór wody, 15- zawór pozostałości poprocesowych, 16- zawór ścieków lub żółu, 17- zawór dopływowy wody po ekstrakcji soli, 18- zawór dwudroyny wody po ekstrakcji soli i lub ścieków

Rys. 48. Czteroreaktorowa linia do produkcji żelatyny

6.1.4. Charakterystyka żelatyny ze skór łososi

W warunkach laboratoryjnych wytworzono ze skór z łososi demonstracyjne ilości żelatyny rybnej (rys. 49).



Rys. 49. Sucha rozdrobniona żelatyna
(fot. MIR-PIB)

Żelatyna wytworzona ze skór łososi, po wysuszeniu i rozdrobnieniu ma postać lek-
kich, puszystych płatków o białokremowej barwie i nikłym, neutralnym zapachu. Podsta-
wowy skład chemiczny wytworzonej żelatyny przedstawiono w tabeli 46.

Tabela 46. Podstawowy skład chemiczny żelatyny wytworzonej ze skór łososi

Składnik	Zawartość [%]
Woda	7,7
Sucha masa	92,3
Tłuszcz	0,7
Substancje mineralne	0,4
Azot ogólny (N_{og})	16,6
Białko (z bilansu mas)	91,2
Białko kolagenowe ($N_{og} \times 5,5$)*	91,3
Hydroksyprolina	7,14
Białko kolagenowe ($Hyp \times 12,8$)*	91,4

*Zgodność wyników zawartości białka kolagenowego uzyskanych dwiema metodami do-
wodzi ich poprawności

Wyniki analiz chemicznych wykazały, że uzyskana żelatyna była produktem bardzo czystym pod względem chemicznym. Jedynymi substancjami białkowymi w niej występującymi są białka kolagenowe. Oznacza to, że opracowany i zastosowany proces technologiczny zapewnia całkowite oczyszczenie białek kolagenowych od innych białek występujących w skórkach łososi wykorzystywanych jako surowiec do otrzymywania żelatyny.

Należy podkreślić bardzo niską zawartość (0,7%) pozostałości tłuszczu w uzyskanym produkcie. Biorąc pod uwagę, że udział tłuszczu w stosunku do suchej masy w wyjściowych skórkach z łososi wynosi ponad 60%, dowodzi to bardzo dużej skuteczności (99%) usuwania tłuszczu w zastosowanym procesie przetwarzania skór z łososi na żelatynę.

Ze względu na stosowanie żelatyny w przemyśle spożywczym oraz farmaceutycznym, poddano ją badaniom na zawartości metali toksycznych oraz badaniom bakteriologicznym. Badania mikrobiologiczne wykonano zgodnie z wymaganiami dla żelatyny spożywczej zawartej w normie PN-A-82245:1993P (zmiana Az1:1999P) Żelatyna spożywcza. Wyniki badań przedstawiono w tabelach 47 i 48.

Tabela 47. Zawartość metali toksycznych w żelatynie ze skór łososi

Metal	Oznaczona zawartość [mg/kg]	Zawartość dopuszczalna [mg/kg]
Arsen	<0,1	1
Ołów	<0,06	1
Rtęć	<0,01	0,01
Kadm	<0,008	0,1
Miedź	10,1	30
Cynk	2,9	50

Tabela 48. Wyniki badań mikrobiologicznych żelatyny ze skór łososi

Parametr mikrobiologiczny	Zawartość w próbie	Limit wg normy
Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych mezofilnych w 1 g	120	1000
Bakterie z grupy coli w 1 g	nieobecne	nieobecne
<i>Escherichia coli</i> w 10 g	nieobecne	nieobecne
<i>Salmonella</i> w 25 g	nieobecne	nieobecne
Gronkowce koagulazododatnie w 0,1 g	nieobecne	nieobecne
Bakterie proteolityczne tlenowe w 1 g*	nieobecne	10
Beztlenowe laseczki przetrwalnikujące redukujące siarczany	nieobecne	nieobecne

Temperatura żelowania uzyskanej żelatyny ze skór łososi wynosi około 10°C i jest zdecydowanie niższa niż żelatyny uzyskanej ze zwierząt ciepłokrwistych i dlatego oznaczenie liczby bakterii proteolitycznych nie było możliwe; próbka upłynniała się w temperaturze 20°C.

Wyniki analiz wykazały, że zawartość w wytworzonej żelatynie poszczególnych metali oraz jej stan bakteriologiczny są znacznie niższe od dopuszczalnych limitów w normach dla żelatyny spożywczej.

Jednym mankamentem żelatyny rybnej wytworzonej ze skór łososi w porównaniu z tradycyjną żelatyną produkowaną przemysłowo z surowców pochodzących ze zwierząt stałocieplnych jest wynosząca około 10°C temperatura żelowania jej wodnych roztworów o standardowym stężeniu.

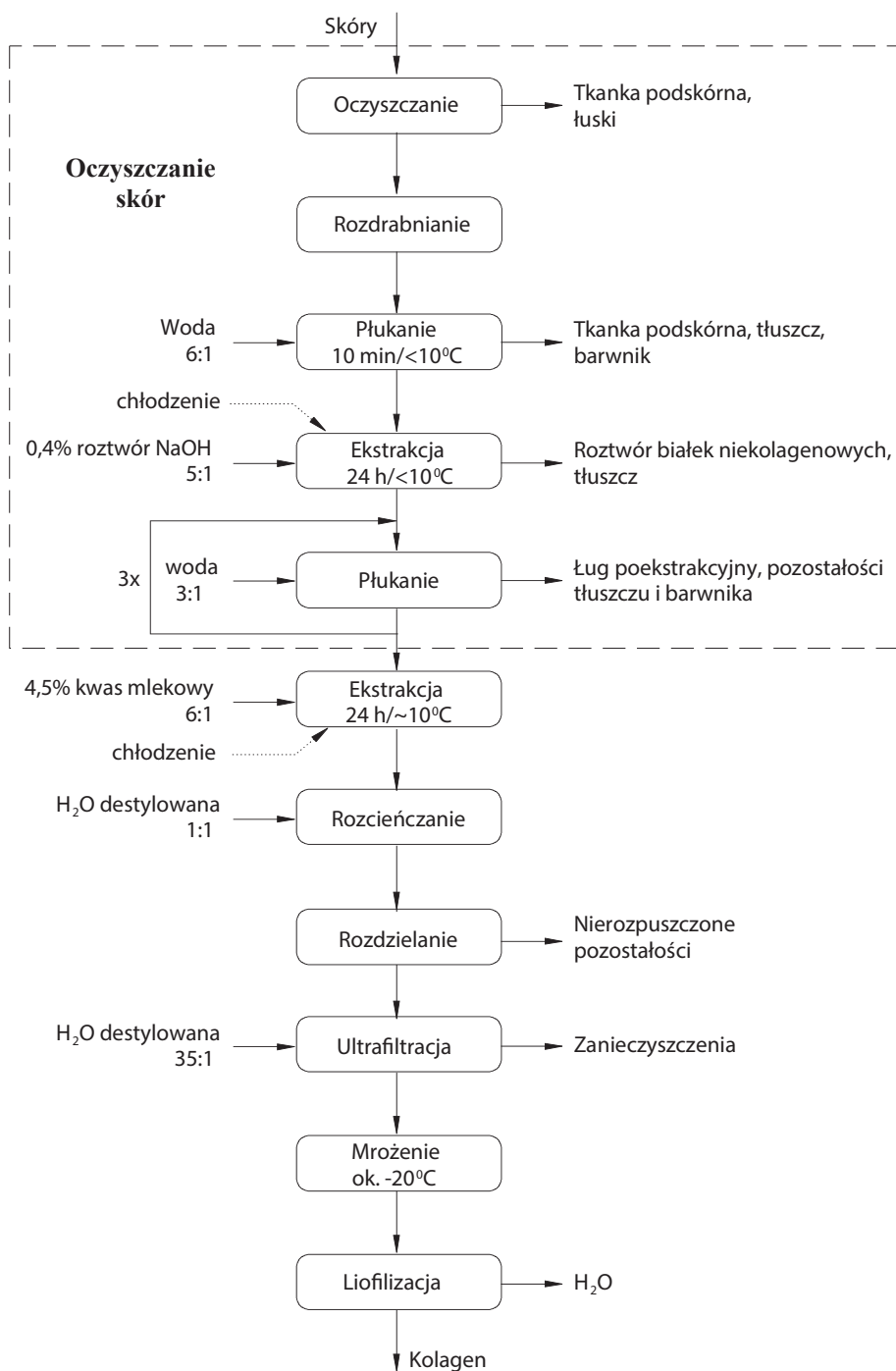
Niska temperatura żelowania żelatyn pochodzących z ryb bytujących w wodach o niskich temperaturach jest ich naturalną, swoistą cechą. Może być ona korzystna w przypadku wykorzystywania żelatyny rybnej do wytwarzania produktów kosmetycznych, takich jak płyny, emulsje i kremy. Właściwość ta nie jest też przeszkodą dla wykorzystywania żelatyny rybnej w przemyśle farmaceutycznym, do wytwarzania żelatynowych osłonek leków, elastycznych i twardych kapsułek żelatynowych.

Żelatyna rybna ze skór łososi, z powodu niskiej temperatury żelowania, nie nadaje się do typowych zastosowań, jako substancja żelująca, w przemyśle spożywczym.

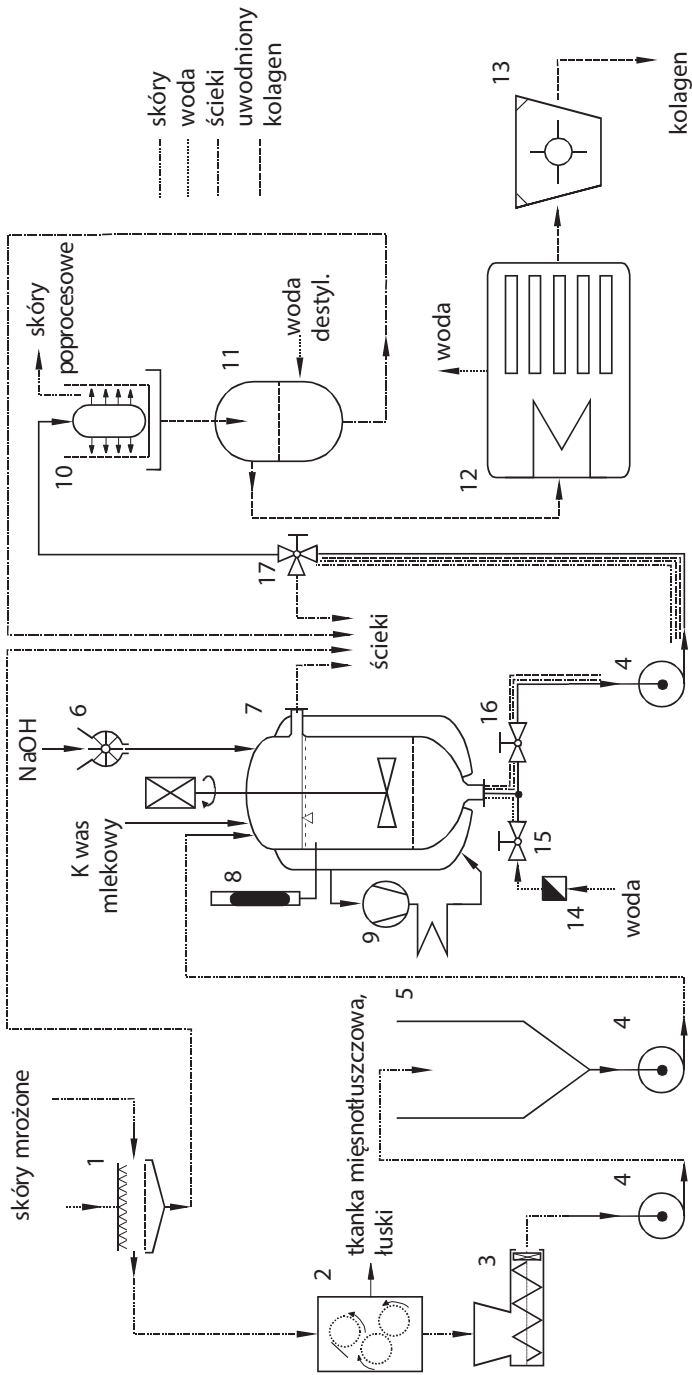
W celu uzyskiwania żelatyny rybnej o lepszych właściwościach żelujących należałoby opracować i zastosować odpowiednie modyfikacje chemiczne lub enzymatyczne tych żelatyn.

6.2. Linia pilotażowa produkcji kolagenu

Niezależnie od wskazania żelatyny jako docelowego biopolimeru otrzymywanego ze skór, wykazano możliwość wyprodukowania z nich kolagenu według przedstawionego na rysunku 50 postępowania, a zestawione w linię urządzenia do jego produkcji - na rysunku 51.



Rys. 50. Przyjęty schemat technologiczny procesu produkcji kolagenu ze skór łososi



Rys. 51. Aparatura do otrzymywania kolagenu ze skór łososiowych

Do produkcji kolagenu wykorzystywane są skóry zgromadzone w procesie odskórzania. Należy podkreślić, że w przeciwieństwie do żelatyny, kolagenu nie można otrzymać ze skór solonych i wędzonych; może on być jedynie otrzymywany tylko ze skór surowych. Skóry kierowane są do przetwarzania w postaci schłodzonej lub zamrożonej. Przygotowanie do zasadniczej obróbki polega na ich rozmrożeniu - doprowadzeniu do temperatury nie wyższej niż 10°C oraz, jak w przypadku żelatyny, usunięciu przylegającej do skóry tkanki mięsno-tłuszczowej i rozdrobnieniu celem zwiększenia powierzchni kontaktu z rozpuszczalnikiem. Usuwanie białek, tak jak w przypadku produkcji żelatyny, dokonywane jest przez wielokrotne płukanie skór. Wstępne płukanie prowadzone jest w wodzie, zasadnicze długotrwałe w roztworze NaOH i końcowe wielokrotne w wodzie. Przy ostatnim przemywaniu pozostałości NaOH w skórach są neutralizowane przez dodatek 4,5% roztworu kwasu mlekowego w takiej ilości, aby odczyn pH skór był równy 8.

Główny proces produkcji polega na ekstrakcji kolagenu rozcieńczonym kwasem mlekowym i następnie rozwodnieniu uwodnionego surowego kolagenu wodą destylowaną. Proces ten prowadzony jest w temperaturze poniżej denaturacji kolagenu. Gotowy uwodniony kolagen oddzielany jest od pozostałości skór, a niepożądane substancje z uzyskanego filtratu (roztworu koloidalnego) oddzielane są metodą ultrafiltracji. Końcowym etapem procesu jest usunięcie nadmiaru wody i wysuszenie uwodnionego kolagenu. Po wysuszeniu kolagen jest rozdrabniany i konfekcjonowany. Gotowy produkt jest przechowywany w temperaturze do 10°C.

Wyprodukowanie z surowych skór łososi czystego suchego kolagenu wymaga zastosowania kilkudniowej obróbki skór w roztworze ługu oraz wielokrotnego, międzyoperacyjnego mycia chemikaliów ze skór przed ostateczną ekstrakcją kolagenu kwasem mlekowym. Cały proces musi odbywać się w temperaturze obniżonej do 10°C, a więc wymaga chłodzenia urządzeń technologicznych i mediów ekstrakcyjnych. Również końcowe suszenie kolagenu metodą liofilizacji wymaga zamrożenia wyekstrahowanego kolagenu i sublimacji zawartej w nim wody w temperaturze poniżej 0°C i przy zastosowaniu podciśnienia. Ze względu na wymienione niezbędne warunki technologiczne koszty urządzeń technicznych do produkcji kolagenu oraz koszty prowadzenia procesu produkcyjnego są znacznie wyższe niż koszty produkcji żelatyny.

6.2.1. Charakterystyka kolagenu ze skór łososi

Właściwości chemiczne otrzymanego w badaniach kolagenu przedstawiono w tabeli 49. Produkt charakteryzował się zawartością wody, tłuszczu i popiołu nieprzekraczającą odpowiednio: 8%, 1,4% i 0,3%. Ilość lipidów w kolagenie była wyższa niż w żelatynie uzyskanej z tej samej partii surowca i zbliżona do zawartości tłuszczu występującej w komercyjnej żelatynie świńskiej i wołowej (Rahman i in. 2008). Użytych danych nie można odnieść do dostępnego na rynku rybnego kolagenu, ponieważ producenci zazwyczaj nie uwzględniają zawartości tłuszczu w charakterystyce produktu. Według standardu ASTM dla kolagenu do zastosowań medycznych (ASTM International Designation: F 2212 - 08e1) poziom zanieczyszczeń takich, jak między

innymi tłuszcz nie jest limitowany, ale zanieczyszczenia te powinny być uwzględnione w charakterystyce produktu. Ilość białka wyliczona z oznaczonego azotu przy zastosowaniu współczynnika 5,4 wynosiła około 86,4% i różniła się od zawartości białka wyliczonej z bilansu mas o około 4,5%. Był to głównie kwas mlekowy. Oznaczona ilość kwasu wynosiła 4,3%. Analiza charakterystyk właściwości kolagenu komercyjnego wykazała, że w niektórych partiach oferowanych produktów różnice pomiędzy białkiem wyliczonym z bilansu mas i deklarowaną ilością białka mają poziom zbliżony do opisanego wyżej, ale nie są one uwzględniane w prezentowanych na stronach internetowych dokumentach jakościowych (Halal Fish Skin Collagen - Health Food 2013, Fish Collagen 2013).

Tabela 49. Podstawowy skład chemiczny kolagenu ze skór łososi

Składnik	Zawartość [%]
Woda	7,4
Sucha masa	92,6
Tłuszcz	1,3
Substancje mineralne	0,3
Azot ogólny (N_{og})	16,0
Białko (z bilansu mas)	91,0
Białko kolagenowe ($N_{og} \times 5,5$)*)	88,0 (96,7%)**)
Hydroksypolina	6,72
Białko kolagenowe ($Hyp \times 12,8$)*	86,0

*) Zgodność wyników zawartości białka kolagenowego uzyskanych dwiema metodami dowodzi ich poprawności.

**) Udział białka kolagenowego w ogólnej ilości białka w próbie, za 100% przyjęto zawartość białka wynikającą z bilansu mas.

Wyprodukowany ze skór łososi, wysuszony liofilizacyjnie kolagen ma postać włóknisto-gąbczastej, lekkiej, sprężystej membrany o białej barwie (rys. 52). Produkt końcowy, po rozdrobnieniu w młynku udarowym, pod względem formy fizycznej jest podobny do puchu (rys. 53); ma białą barwę i neutralny zapach.



Rys. 52. Suchy, włóknisty kolagen
(fot. MIR-PIB)



Rys. 53. Rozdrobniony suchy, puszysty kolagen
(fot. MIR-PIB)

Zawartość białka kolagenowego w wytworzonym produkcie (96,7% ogółu białek) dowodzi wystarczającej skuteczności jego oczyszczania w procesie wytwarzania. Zawartość pozostałości tłuszczu w wytworzonym kolagenie (1,3%) jest nieco wyższa niż w żelatynie (0,7%). Taki jego poziom jest podobny do poziomu w komercyjnej żelatynie wieprzowej lub wołowej.

Wyniki badań kolagenu uzyskanego ze skór łososi wykazały, że opracowany proces technologiczny umożliwia wytwarzanie z tego surowca kolagenu rybnego, którego jakość odpowiada jakości produktów rynkowych.

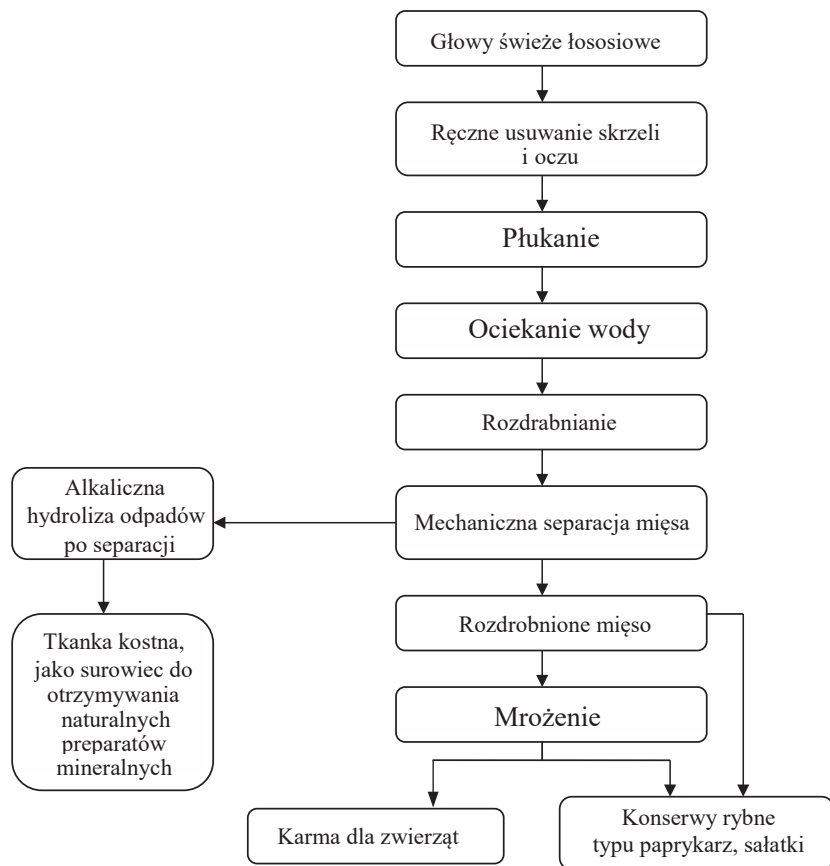
7. Alternatywne wykorzystanie głów i kręgosłupów

Łączny udział głów i kręgosłupów w masie produktów ubocznych przetwórstwa łososi wynosi około 77%. W przypadku pozyskiwania z nich oleju kości wraz z pozostałościami tkanki mięsnej i tłuszczu są wydzielane z procesu i traktowane jako odpady. Odpady te, po termicznym skruszeniu i rozdrobnieniu, mogą być wykorzystywane jako składnik karmy dla zwierząt.

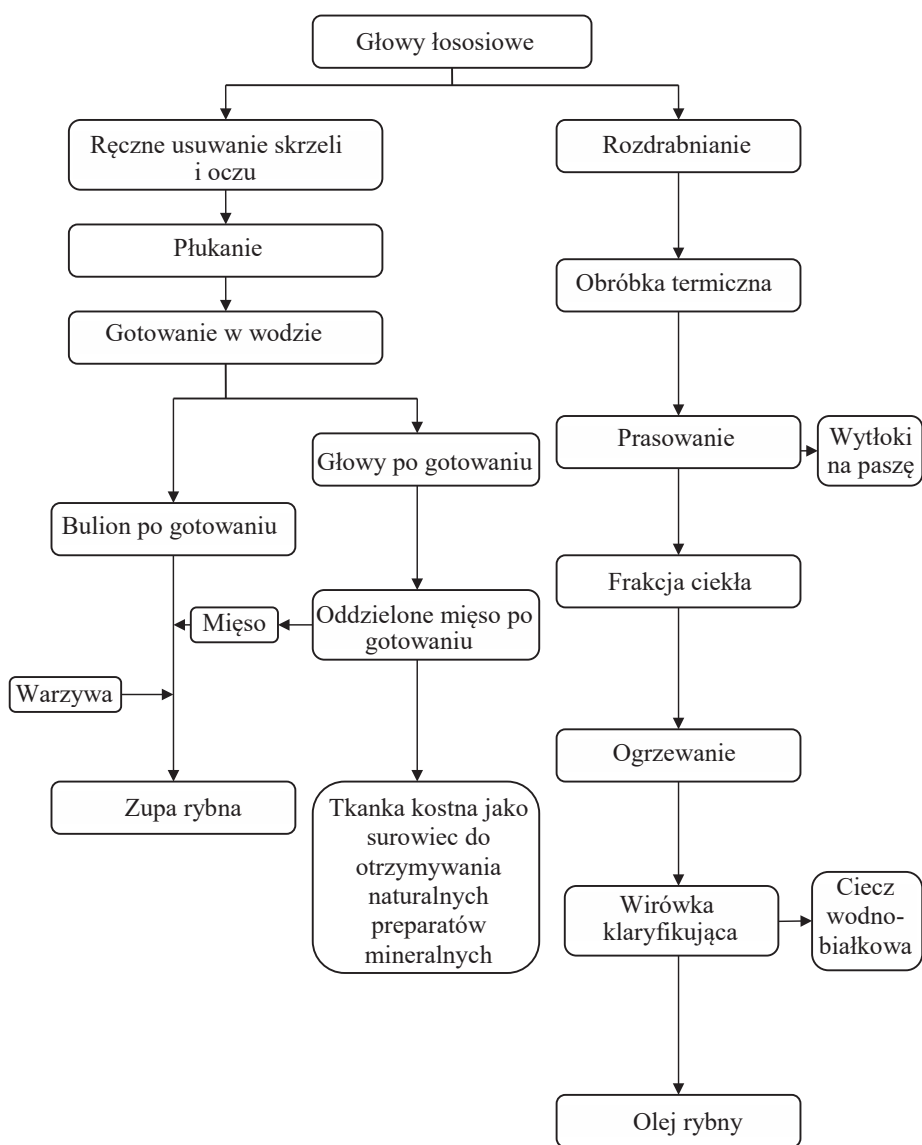
Inne możliwości wykorzystania głów i kręgosłupów przedstawiają schematy na rysunkach 54 - 56.



Rys. 54. Schemat potencjalnych kierunków wykorzystania kręgosłupów po uprzednim oddzieleniu mięsa



Rys. 55. Schemat potencjalnych kierunków wykorzystania rozdrobnionego mięsa ze świeżych głów łososi



Rys. 56. Przykładowy schemat możliwego procesu technologicznego przetwórstwa głów łososiowych.

Preparaty mineralno-kolagenowe

Głowy i kręgosłupy zawierają duże ilości tkanki kostnej; głowy około 25%, a kręgosłupy około 30% ich masy.

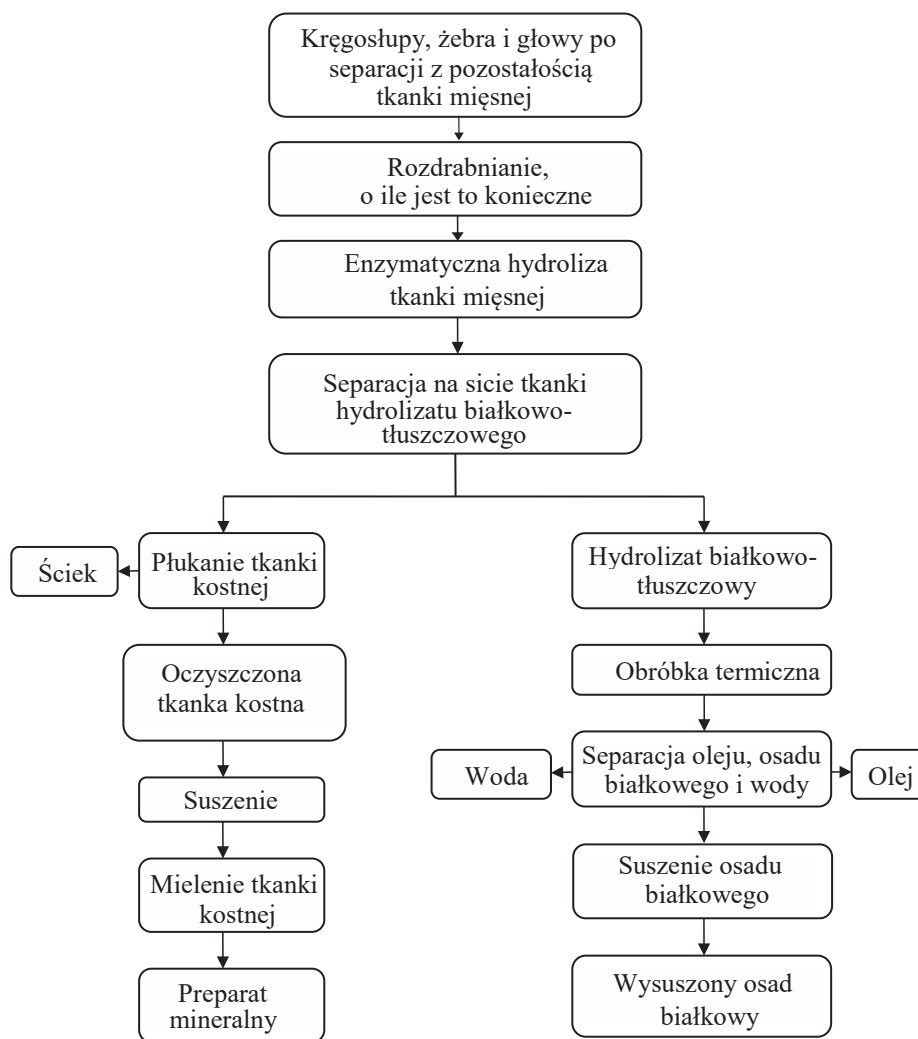
Poza pozyskiwaniem oleju innym sposobem wykorzystywania głów i kręgosłupów, a dokładniej ich tkanek kostnych, może być wytwarzanie preparatów mineralno-kolagenowych. Uzasadniają to stwierdzone w badaniach zawartości mikro- i makroelementów w tkankach kostnych kręgosłupów i głów, przedstawione w tabeli 10 (por. rozdz. 2.2.3.3 Zawartość mikro- i makroelementów w tkance kostnej kręgosłupów i głów)

Tkanka kostna po mechanicznej separacji rozdrobnionego mięsa z kręgosłupów, żeber oraz głów nadal zawiera przylegającą do niej znaczną ilość tkanki mięsno-tłuszczowej. Wysuszenie tkanki kostnej zanieczyszczonej pozostałościami mięsa i tłuszczu skutkuje niską jej jakością organoleptyczną, głównie ze względu na dość intensywny smak i jełki zapach. W celu uzyskania neutralnego smaku i zapachu tkanki kostnej konieczne są dodatkowe operacje technologiczne oczyszczające ją z mięsa i tłuszczu. To co w przypadku tkanki kostnej jest materiałem balastowym - pozostałości mięsa i tłuszczu, w przypadku odpowiedniego doboru postępowania technologicznego może zapewnić uzyskanie użytecznych składników do dalszego wykorzystania, na przykład oleju łososiowego, preparatów białkowych itp.

Możliwe do zastosowania procesy oczyszczania tkanek kostnych przedstawiono w postaci schematów technologicznych na rysunkach 57 i 58.

Na rysunku 57 przedstawiono proces oczyszczania tkanki kostnej z surowej tkanki mięsno-tłuszczowej z zastosowaniem enzymatycznej hydrolizy z użyciem preparatu importowanej pepsyny 30 000E/G.

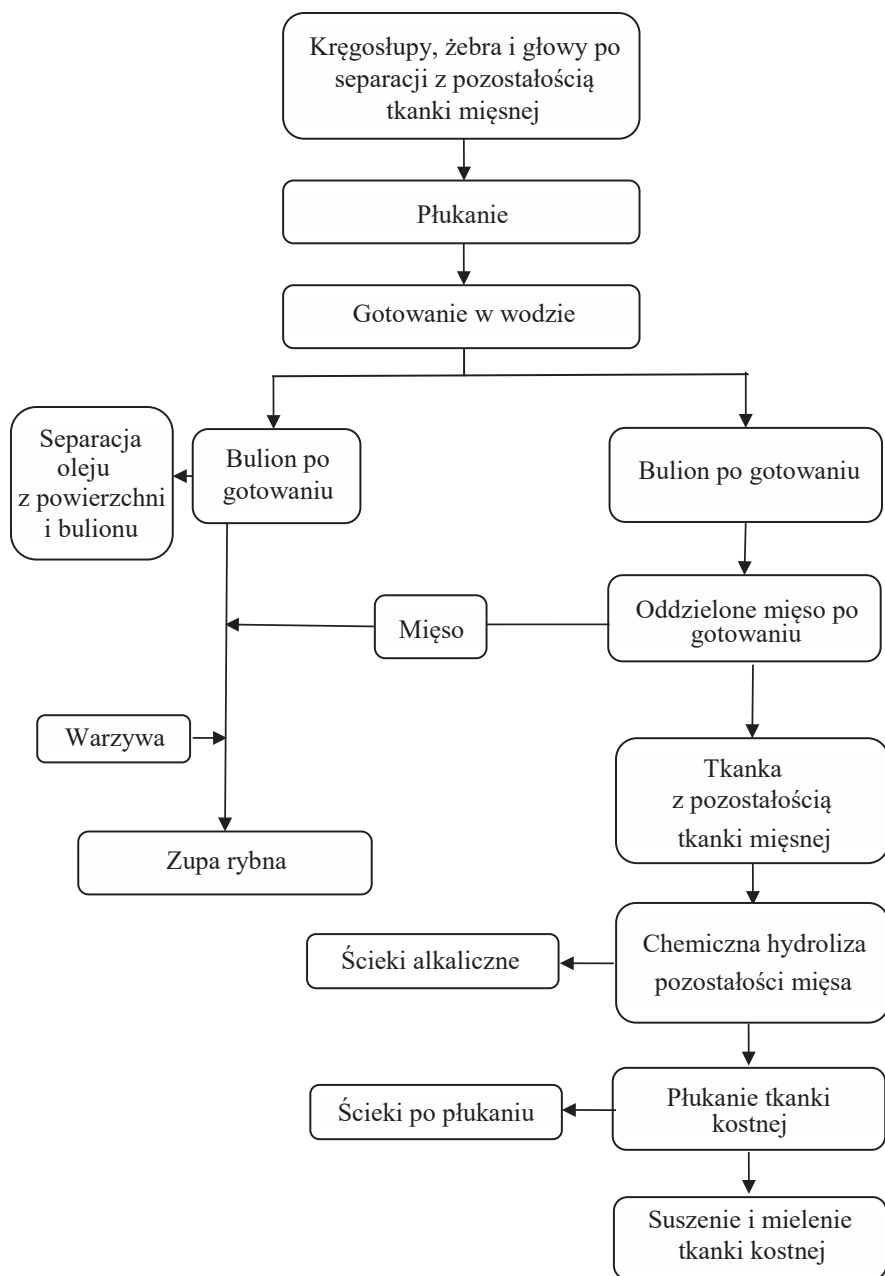
W wyniku przedstawionego procesu uzyskuje się oczyszczoną tkankę kostną, która po wysuszeniu i zmieleniu może być wykorzystana jako naturalny preparat mineralny. Natomiast z oddzielonego od tkanki kostnej hydrolizatu białkowo-tłuszczowego wydzielany jest olej oraz osad głównie białkowy, który po jego wysuszeniu może być preparatem białkowym wykorzystywanym na przykład jako pokarm dla narybku.



Rys. 57. Proces oczyszczania tkanki kostnej z pozostałości surowej tkanki mięsno-tłuszczowej z zastosowaniem hydrolizy enzymatycznej

Innym możliwym postępowaniem oczyszczania tkanki kostnej, z jednoczesnym wykorzystaniem usuniętej tkanki mięsno-tłuszczowej, jest przedstawiony na schemacie na rysunku 58 proces hydrolizy alkalicznej.

Oczyszczoną i wysuszoną tkankę kostną charakteryzował neutralny zapach i kremowa barwa przypominająca barwę kości słoniowej.



Rys. 58. Proces oczyszczania tkanki kostnej z ugotowanej tkanki mięsno-tłuszczowej z zastosowaniem hydrolizy alkalicznej

Na rysunkach 59 i 60 pokazane są oczyszczone tkanki kostne z kręgosłupów oraz żeber łososi.



Rys. 59. Tkanka kostna z kręgosłupów łososi
(fot. MIR-PIB)



Rys. 60. Tkanka kostna z żeber łososi
(fot. MIR-PIB)

W badaniach stwierdzono, że w zależności od zastosowanej metody oczyszczania materiału kostnego uzyskuje się produkty o różnym udziale pozostałości białek i tłuszczu w produkcie, a w konsekwencji produkt o różnej zawartości składników mineralnych. Preparaty o największym stopniu oczyszczenia i najwyższej zawartości substancji mineralnych uzyskano stosując hydrolizę kości w roztworze ługu.

Ponadto w badaniach stwierdzono, że odrębny problem stanowi odpowiednie końcowe rozdrobnienie oczyszczonych i wysuszonych kości. Ze względu na duży udział w ich strukturze elastycznego i wytrzymałego kolagenu, rozdrobnienie kości do postaci sypkiej jest stosunkowo trudne.

Na rysunku 61 przedstawiono rezultaty trójstopniowego rozdrabniania kości z kręgosłupów łososi w udarowo-ciernym młynku.



Rys. 61. Rezultaty trójstopniowego rozdrobnienia kości z kręgosłupów łososi w udarowo-ciernym młynku
(fot. MIR-PIB)

Podsumowując rezultaty badań nad wykorzystywaniem kostnych części produktów ubocznych przetwórstwa łososi jako surowca do wytwarzania suchych preparatów kostno-mineralnych należy uznać, że z powodu trudności technologiczno-technicznych w uzyskiwaniu produktu o zadowalającej i standardowej jakości oraz niezbyt wysokiej wartości ekonomicznej potencjalnego produktu nie jest to kierunek perspektywiczny.

Prostszym i racjonalniejszym sposobem wykorzystywania kostnych odpadów po odzyskiwaniu oleju rybnego z głów i kręgosłupów łososi byłoby poddawanie ich procesowi termicznego kruszenia na przykład przez krótkotrwałe autoklawowanie w temperaturze 110 - 115°C, a następnie rozdrabnianie uzyskanej masy mięsno-tłuszczowo-kostnej w celu ujednolicenia jej składu. Masa ta mogłaby być wykorzystywana jako bogaty w substancje mineralne składnik karmy dla zwierząt domowych lub hodowlanych.

8. Hydrolizaty rybne

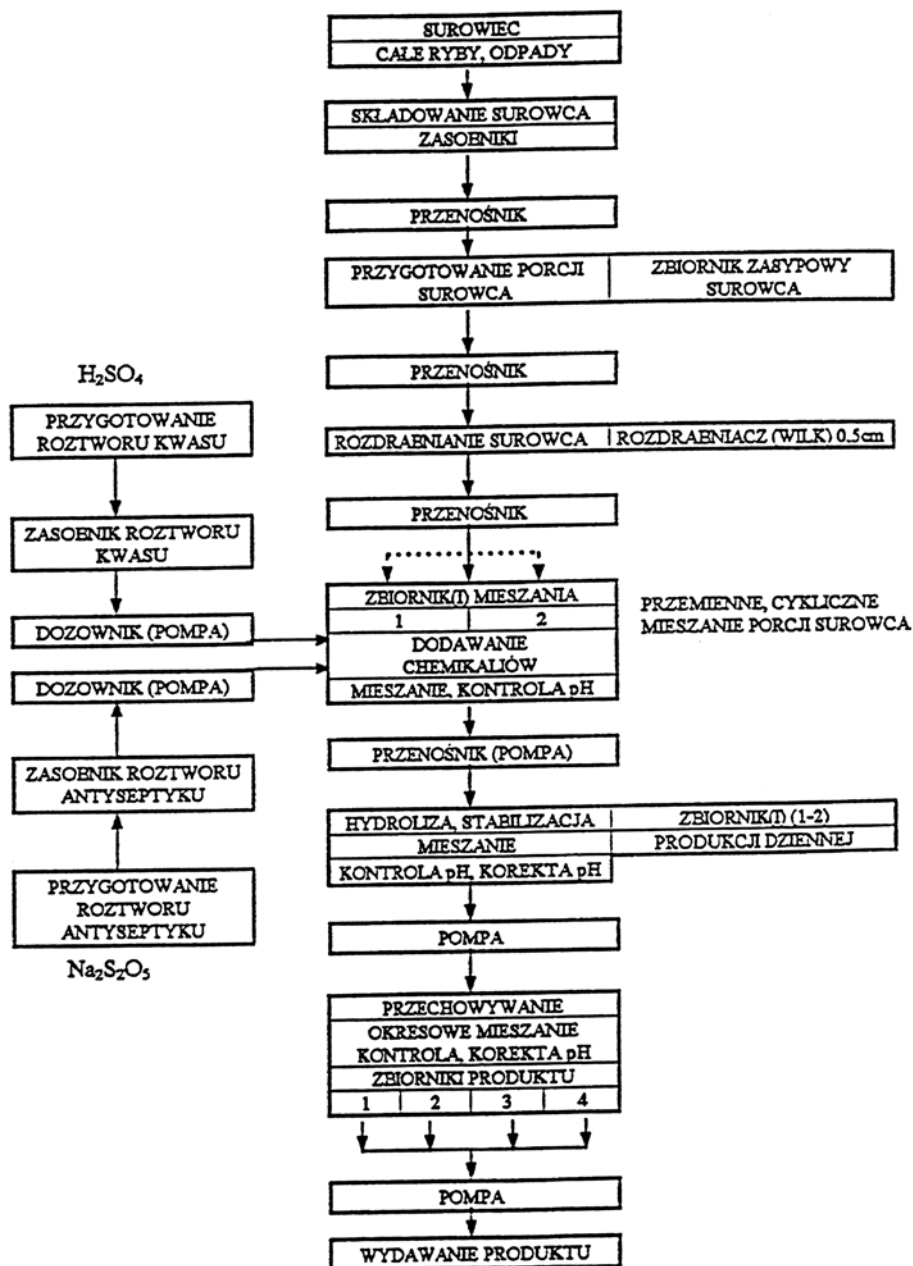
8.1. Płynne paszowe hydrolizaty rybne

Najprostszym technologicznie sposobem zagospodarowania produktów ubocznych z łososi jest produkcja hydrolizatów płynnych. Hydrolizaty takie produkowane były w Polsce w latach 60. i początku lat 70., lecz technologię tę zarzucono ze względu na łatwy dostęp do taniej, dotowanej wówczas mączki rybnej. Jednakże ze względu na czynniki ekonomiczne i środowiskowe można rozważyć wznowienie wytwarzania płynnych rybnych hydrolizatów białkowych - pirozilorybów lub silorybów.

Piroziloryb to płynny paszowy hydrolizat białkowy wytworzony z całych ryb lub odpadów przez rozdrobnienie, zakwaszenie kwasem siarkowym lub solnym do pH około 4 - 5, utrwalenie dodatkiem 13% pirosiarczynu sodowego, hydrolizę pod wpływem własnych enzymów w temperaturze 40°C do stanu upłynnienia i odwirowanie tłuszczu.

Siloryb to również płynny paszowy hydrolizat białkowy o takich samych właściwościach, jakie ma piroziloryb. Do jego zakwaszania stosuje się 2% kwas mrówkowy.

Technologia wytwarzania płynnych hydrolizatów rybnych (schemat procesu technologicznego produkcji przedstawiono na rysunku 62) jest energooszczędna, a co najważniejsze, przy prawidłowo prowadzonym procesie nie niesie zagrożeń dla środowiska (praktyczny brak ścieków i emisji oparów).

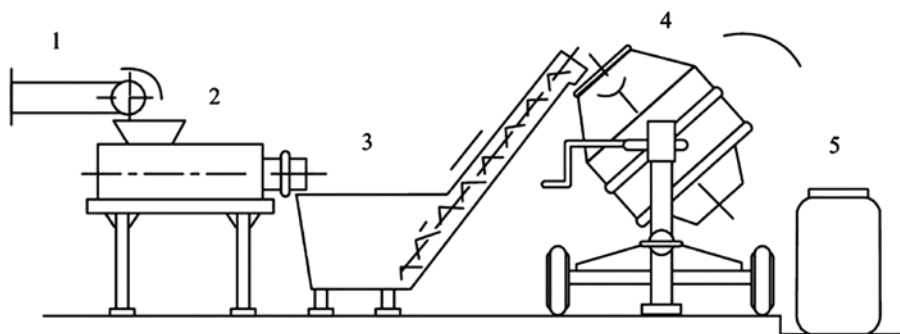


Rys. 62. Schemat procesu technologicznego produkcji hydrolizatu rybnego

Wymaga ona prostych urządzeń technicznych, często dostępnych na terenie przedsiębiorstwa, przez co jej wprowadzenie nie jest związane z dużymi nakładami inwestycyjnymi - oczywiście zależy to od wielkości produkcji.

Mimo prostoty technologii ich wytwarzanie musi być prowadzone w ściśle zaprogramowanych i kontrolowanych warunkach. Dotyczy to zwłaszcza jakości wyjściowej surowca (w przypadku produktów ubocznych po obróbce łososi) jak i przestrzegania warunków technologicznych i sanitarnych procesu. Stąd też produkcja pasz płynnych nie powinna być nadmiernie rozproszona, a raczej scentralizowana, co będzie miało niewątpliwie wpływ na ich jakość i przydatność jako składnika paszy. Aby można było spełnić te warunki produkcja hydrolizatów paszowych powinna być zlokalizowana przy przetwórniciach, gdzie dobrej jakości surowiec byłby poddawany obróbce wstępnej, a świeże produkty uboczne bezzwłocznie byłyby przetwarzane na hydrolizat.

Podstawowym wymogiem procesu jest uzyskanie jednorodności mieszanki składającej się z ryby, kwasu nieorganicznego i pirosiarczynu sodu. Jednorodność można uzyskać, stosując wolnoobrotowe mieszadła lub inne metody (mieszanie turbulentne powoduje napowietrzenie mieszanki i w konsekwencji utlenianie kwasów tłuszczowych). Gdy mieszanie jest zbyt delikatne, powstają kieszonki mieszanki, które nie zawierają środków konserwujących, a produkt może zacząć się rozkładać przez bakterie. Każdego dnia produkt końcowy jest pompowany do zbiornika(ów) retencyjnego(ych). Zbiorniki te powinny być wyposażone w mieszadła lub systemy recyrkulacji zasilane pompami. Zbiorniki powinny być umieszczone pod dachem, aby uniknąć promieniowania słonecznego. Hydrolizat można przechowywać do 6 miesięcy, jeśli jest on okresowo mieszany i utrzymywany w temperaturze około 15 - 20 °C. W małych zakładach przetwórstwa ryb, w których objętość produktów ubocznych i ryb niewykorzystanych do spożycia jest niewielka (to jest 1 - 2 t/zmianę), produkcja hydrolizatu ryb jest uproszczona. Skład linii do takiej produkcji jest pokazany na rysunku 63.



Rys. 63. Skład uproszczonej linii do produkcji hydrolizatu rybnego:

1 - przenośnik zasilający, 2 - rozdrabniacz, 3 - zbiornik z przenośnikiem wyładowującym,
4 - zbiornik z mieszadłem, 5 - beczka z tworzywa sztucznego
(Bykowski, P.; Dutkiewicz, D. Freshwater fish processing and equipment in small plants.
FAO Fisheries Circular. No. 905. Rome, FAO. 1996. 59p.)

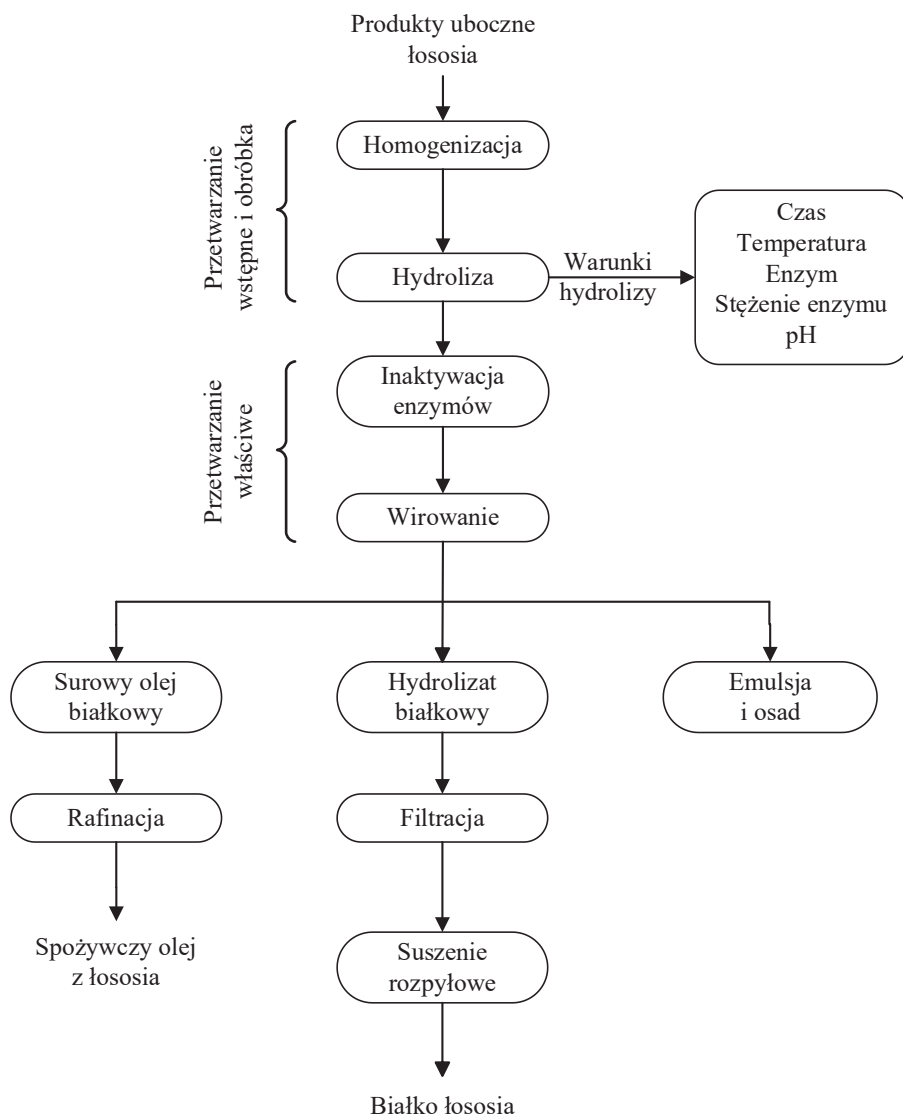
Hydrolizaty są stosowane w produkcji karm dla zwierząt domowych i zwierząt hodowlanych. Hydrolizaty zawierają bardzo wartościowe, łatwo przyswajalne białka i kwasy tłuszczowe, niezmienione witaminy, mikroelementy i enzymy trawienne. W paszy dla świń i drobiu hydrolizaty ryb mogą być substytutem mączki rybnej, mączki mięsno-kostnej i sproszkowanej krwi. Eksperymenty wykazały (Bykowski i Dutkiewicz 1996) 10 - 20% wzrost masy ciała i mniejsze zużycie paszy na wagę przybraną przez zwierzę. Ustalono, że 1 kg hydrolizatu odpowiada 0,3 kg mączki rybnej, a jego stosowanie zmniejsza zapotrzebowanie na paszę o 0,66 kg na 1 kg przybranej masy ciała.

Według duńskich naukowców (Tybirk i in. 2024) nie więcej niż 15% całkowitej paszy podawanej świniom powinny stanowić hydrolizaty ryb, a należy je odjąć od diety na kilka tygodni przed ubojem. Polskie i duńskie eksperymenty potwierdziły pozytywne rezultaty żywienia drobiu hydrolizatami ryb zamiast mączki rybnej (kurczaki karmiono hydrolizatami w ilościach równych 50% dziennego zapotrzebowania na białko). Zastąpienie suchej mączki zwierzęcej i rybnej hydrolizatami dało bardzo dobre wyniki produkcyjne:

- zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała równe 2,54 kg,
- średnia masa ciała 8-tygodniowego kurczaka wynosiła 1,20 kg,
- wydajność uboju wyższa o 23%,
- koszty składników stosowanych w paszy niższe o 20%,
- zawartość dodatkowej paszy zwierzęcej niższa o dwie trzecie, to jest o 110 kg/t mieszanki paszowej, mączki rybnej i mięsnej.

8.2. Suszone hydrolizaty rybne

Wyższą formą wykorzystania hydrolizatów płynnych jest wytwarzanie z nich koncentratów białkowych w proszku. Schemat technologii ich wytwarzania pokazany jest na rysunku 64.



Rys. 64. Schemat procesu technologicznego wytwarzania białka suszonego

Hydrolizat płynny jest podgrzewany w temperaturze 90°C przez 10 minut lub pH procesu jest dostosowane do dezaktywacji enzymu. Mieszaninę poddaje się następnie separacji, a w jej wyniku uzyskuje się dwa główne produkty: olej z łososia i hydrolizat białka łososia wraz z osadami i emulsją. Hydrolizat białka jest następnie poddawany filtracji w celu usunięcia wszelkich zawieszonych zanieczyszczeń i oleju oraz ultrafiltracji w celu usunięcia soli, a następnie jest suszony rozpyłowo w celu uzyskania oczyszczonego białka łososia w proszku.

Suszenie rozpyłowe to technika suszenia, w której ciecz (w tym przypadku hydrolizat rybny) jest rozpylana na drobne krople, które następnie są poddawane działaniu gorącego powietrza, co powoduje odparowanie wody i uzyskanie proszku. Suszenie rozpyłowe hydrolizatu rybnego pozwala na jego przechowywanie i transport w formie proszku.

Zalety suszenia rozpyłowego hydrolizatu rybnego:

- zachowanie wartości odżywczej - proces suszenia rozpyłowego pozwala na zachowanie większości wartości odżywczych hydrolizatu rybnego w porównaniu z innymi metodami suszenia,
- stabilność - hydrolizat rybny w formie proszku jest bardziej stabilny niż w formie płynnej i można go przechowywać w standardowych warunkach,
- łatwe przechowywanie i transport - proszek jest łatwiejszy do przechowywania i transportu niż płynna forma,
- łatwa rozpuszczalność - proszek można łatwo rozpuszczać w wodzie, co ułatwia jego wykorzystanie w różnych produktach spożywczych,
- możliwość granulacji - w procesie suszenia rozpyłowego można uzyskać proszek o różnych rozmiarach cząstek, co pozwala na dostosowanie produktu do różnych zastosowań.

Hydrolizat rybny w formie proszku, otrzymywany przez suszenie rozpyłowe, może być wykorzystywany w produkcji:

- preparatów odżywczych - hydrolizat rybny jest bogatym źródłem białka, aminokwasów i innych składników odżywczych, co czyni go idealnym składnikiem preparatów odżywczych,
- produktów spożywczych - hydrolizat rybny może być dodawany do różnych produktów spożywczych, np. do napojów, jogurtów, czy też do produktów piekarniczych,
- kosmetyków - hydrolizat rybny może być wykorzystywany w produkcji kosmetyków, na przykład kremów, masek, czy też szamponów,
- leków - hydrolizat rybny może być stosowany w produkcji leków jako nośnik substancji czynnych.

9. Podsumowanie

Monografia powstała na podstawie wyników badań wykonanych w ramach projektu innowacyjnego nr 00001-61724-OR0200001/10 pt. „Innowacyjne technologie pozyskiwania wartościowych produktów rynkowych z odpadowych surowców rybnych” finansowanego przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa.

Wyniki przeprowadzonych w projekcie prac badawczych, zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i przemysłowych, umożliwiły:

- określenie praktycznych sposobów i postępowań z produktami ubocznymi obróbki łososi w warunkach przemysłowych,
- dokonanie charakterystyki mikrobiologicznej, chemicznej i technologicznej tych produktów,
- dokonanie oceny przydatności produktów ubocznych do wytwarzania produktów o zwiększonej wartości dodanej,
- opracowanie optymalnych technologii przetwarzania określonych produktów ubocznych na nowe, atrakcyjne produkty o zwiększonej wartości dodanej,
- opracowanie rozwiązań technicznych do realizacji określonych operacji technologicznych, wykonanie i uruchomienie technicznych stanowisk modelowych do wykonania próbných partii nowych półproduktów i produktów o zwiększonej wartości dodanej,
- przygotowanie założeń projektowych pilotażowych linii przetwórstwa produktów ubocznych z łososi.

Opracowane wytyczne i rozwiązania technologiczno-techniczne oraz systemowe w zakresie jakości i bezpieczeństwa nowych produktów mogą znaleźć zastosowanie zarówno w małych, średnich jak i dużych zakładach przetwórstwa łososi.

Bibliografia

1. ASTM International Designation: F 2212 - 08e1. Standard Guide for Characterization of Type I Collagen as Starting Material for Surgical Implants and Substrates for Tissue Engineered Medical Products (TEMPs). <https://store.astm.org/f2212-08e01.html>,
2. Bykowski P., Dutkiewicz D. 1996. Freshwater fish processing and equipment in small plants. FAO Fisheries Circular. No. 905. Rome, FAO. 59p.,
3. Dave & Routray, 2018. Journal of Cleaner Production, v. 180, p. 617-641,
4. Dyrektywa Rady z dnia 24 września 1990 r. w sprawie oznaczania wartości odżywczej środków spożywczych (90/496/EWG) (Dz.U. L 276 z 6.10.1990, str. 40 z późn. zm.,
5. Dz. U. Nr 17, 2006 r. poz. 127 wraz z późn. zm.,
6. Facts about fish. Seafood from Norway. Norwegian Seafood Export Council,
7. Ghaly A., Ramakrishnan V.V., Brooks MS., Budge SM. and Dave D. 2013. Fish Processing Wastes as a Potential Source of Proteins, Amino Acids and Oils: A Critical Review Microbial & Biochemical Technology,
8. Halal Fish Skin Collagen - Health Food 2013, Fish Collagen 2013,
9. Hryszko K. (red.). 2022. Rynek ryb. Stan i perspektywy. Nr 32,
10. Hryszko K. (red.). 2023. Rynek ryb. Stan i perspektywy. Nr 33,
11. Hryszko K. (red.). 2024. Rynek ryb. Stan i perspektywy. Nr 34,
12. PN-A-82245:1993P (zmiana Az1:1999P),
13. PN-A-86786:1990/Az1:1997,
14. PN-A-86791:1995,
15. PN-ISO 3496:2000,
16. Rahman M. Al-Saidi G. S., Guizani N. 2008. Thermal characterization of gelatine extracted from yellowfin tuna skin and commercial mammalian gelatine. Food Chemistry, 108: 472-481,
17. Ramírez A. 2007. Salmon by-product proteins. FAO Fisheries Circular No. 1027,
18. Ramakrishnan V.V., Hossain A., Dave D., Shahidi F. 2024. Salmon Processing Discards: A Potential Source of Bioactive Peptides – A Review. Food Production, Processing and Nutrition 6:22,
19. Tybirk P., Sloth N.M., Bruun T.S., Hales J. 2024. Danish Nutrient Standards. 35th edition. SEGES Innovation P/S, April 2024, Copenhagen. 14 p.
20. Slizyte R., Storror I. 2010. Bioactive bulk ingredients from fish rest raw materials. SINTEF Fisheries and Aquaculture, 28 April 2010. Stavanger,
21. Rozporządzenia (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r.,
22. Rozporządzenia Komisji (WE) nr 853/2004 z dnia 29 kwietnia 2004 r.,
23. Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności (Dz. U. L 31 z 1.02.2002 r., str. 1-24 wraz z późn. zm.,
24. Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. z późn. zm.

25. Rozporządzenie (WE) nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r.,
26. Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r.,
27. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r.,
28. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r.,
29. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2074/2005 z dnia 5 grudnia 2005 r.,
30. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 lipca 2007 r.,
31. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 lipca 2007 r. w sprawie znakowania żywności wartością odżywczą wdrażające postanowienie dyrektywy Rady 90/496/EWG z dnia 24 września 1990 r.,
32. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r.,
33. Rozporządzenie (WE) nr 2074/2005 z dnia 5 grudnia 2005 r.,
34. Sveinsdottir K., Martinsdottir E., Jorgensen M., Kristbergsson K. 2002. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*), Journal of Food Science 67(4), p. 1570-1579,
35. Sveinsdottir K., Hyldig G., Martinsdottir E., Jørgensen B., Kristbergsson K. 2003. Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*), Food Quality and Preference 14 (3), 237-245,
36. Usydus Z., Szlinder-Richert J. 2021. Gospodarka wodno-ściekowo-osadowa w zakładach przemysłu rybnego dawniej i dziś. Wyd. MIR-PIB Gdynia

„Prace badawcze przeprowadzone przez Autorów niniejszego opracowania, w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych, pozwoliły między innymi na określenie praktycznego postępowania z produktami ubocznymi powstającymi przy obróbce łososi, ich charakterystykę mikrobiologiczną, chemiczną i technologiczną i co ważne na opracowanie technologii przetwarzania określonych produktów ubocznych na produkty o zwiększonej wartości dodanej wraz z opracowaniem rozwiązań technicznych służących realizacji tych operacji technologicznych, a także przygotowanie założeń projektowych pilotażowych linii przetwórstwa tych produktów. Jest to bardzo dobre opracowanie wskazujące osobom zajmującym się przetwórstwem ryb rozwiązania technologiczno-techniczne oraz systemowe dotyczące jakości i bezpieczeństwa nowych produktów, które mogą być zastosowane w zakładach przetwórstwa łososi.”

Fragment recenzji prof. dr. hab. Krzysztofa Formickiego

ISBN: 978-83-61650-40-9

Wydawnictwo:
MIR-PIB
Gdynia 2026