

Bogusław Pawlikowski,
Andrzej Dowgiałło, Olga Szulecka

**Kompleksowe wykorzystanie poobróbkowych
odpadów z karpi**



Gdynia 2014

Recenzent:
prof. dr inż. Daniel Dutkiewicz.

Projekt okładki i strony tytułowej:
Monika Andryskowska

Korekta:
Elżbieta Stawska

©Copyright by Morski Instytut Rybacki - Państwowy Instytut Badawczy, Gdynia 2014
Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, przedrukowywanie
i rozpowszechnianie całości lub fragmentów niniejszej publikacji
bez zgody wydawcy zabronione

Morski Instytut Rybacki - Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Technologii i Mechanizacji Przetwórstwa
ul. Kołłątaja 1
81-332 Gdynia
[http:// www.mir.gdynia.pl](http://www.mir.gdynia.pl)

ISBN 978-83-61650-12-6

Spis treści

1.	Wstęp.	5
2.	Charakterystyka odpadów poprodukcyjnych z karpi oraz zmiany ich jakości podczas przechowywania w normatywnych warunkach	6
2.1.	Wymagania jakościowe dla odpadów poprodukcyjnych	6
2.2.	Odpady poprodukcyjne powstające w procesie obróbki wstępnej karpi	8
2.3.	Charakterystyka odpadów poprodukcyjnych	14
2.3.1.	Głowy	14
2.3.2.	Kręgosłupy	16
2.3.3.	Wnętrznosci	19
2.3.4.	Pasy brzuszne i pasy barkowe z płetwami.....	20
2.4.	Określenie zmiany jakości odpadów poprodukcyjnych podczas przechowywania w normatywnych warunkach.....	22
2.4.1.	Ocena jakości sensorycznej.....	23
2.4.2.	Oznaczenia wybranych wskaźników fizykochemicznych.....	23
2.4.3.	Wyniki badań	23
2.4.3.1.	Jakość sensoryczna.....	23
2.4.3.2.	Wskaźniki fizykochemiczne.....	26
3.	Ogólne warunki i zasady zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych z karpi	28
3.1.	Podstawowe założenia technologiczne.....	28
3.2.	Charakterystyka półproduktów paszowych.....	31
3.2.1.	Mączka rybna z odpadów z karpi - metody i warunki produkcji	21
3.2.2.	Olej surowy z odpadów z karpi - metoda i warunki produkcji.....	34
3.3.	Produkty paszowe	35
3.3.1.	Metody i warunki wytwarzania produktów paszowych	36
4.	Technologie przetwarzania odpadów poprodukcyjnych z karpi	37
4.1.	Wymagania jakościowe dla półproduktów i produktów paszowych wytworzonych z odpadów z karpi.....	40
4.2.	Podstawowe założenia technologiczne.....	42
4.3.	Technologiczny proces wytwarzania półproduktów paszowych.....	43
4.4.	Technologiczny proces wytwarzania produktów paszowych.....	45
5.	Wpływ rodzaju odpadów na jakość mączki wytworzonej w warunkach laboratoryjnych.....	47
5.1.	Oceny jakości i właściwości fizykochemicznych mączek wytworzonych w warunkach laboratoryjnych z odpadów poprodukcyjnych z karpi	48
5.1.1.	Ocena jakości sensorycznej.....	48
5.1.2.	Podstawowy skład chemiczny mączek wytworzonych w warunkach laboratoryjnych.....	55
6.	Produkcja eksperymentalna w warunkach przemysłowych	56
6.1.	Produkcja próbnych partii mączki i surowego oleju	58
6.1.1.	Warunki techniczne produkcji.....	58
6.1.2.	Bilans masowy produkcji	59
6.2.	Produkcja próbnych partii ekstrudowanych roślinno-rybnych mieszanek paszowych	61
6.2.1.	Warunki techniczne produkcji.....	61
6.2.2.	Bilans masowy produkcji	61
7.	Charakterystyka jakościowa półproduktów i produktów z odpadów z karpi	62

7.1.	Mączka rybna	66
7.1.1.	Ocena jakości sensorycznej	66
7.1.2.	Wskaźniki fizykochemiczne	66
7.1.3.	Wartość energetyczna	69
7.1.4.	Stan mikrobiologiczny	70
7.1.5.	Ogólna ocena jakości mączki rybnej	71
7.1.6.	Zmiany jakości mączki podczas przechowywania w normatywnych warunkach	73
7.2.	Surowy olej	75
7.2.1.	Ocena jakości sensorycznej	75
7.2.2.	Wskaźniki fizykochemiczne	76
7.2.3.	Zanieczyszczenia chemiczne	78
7.2.4.	Ogólna ocena jakości surowego oleju	80
7.2.5.	Zmiany jakości oleju w normatywnych warunkach przechowywania	80
7.3.	Ekstrudowane roślinno-rybne mieszanki paszowe	82
7.3.1.	Ocena jakości sensorycznej	83
7.3.2.	Wskaźniki fizykochemiczne	84
7.3.3.	Wartość energetyczna	85
7.3.4.	Ogólna ocena jakości mieszanek paszowych	86
7.3.5.	Zmiany jakości mieszanek paszowych w normatywnych warunkach przechowywania	86
8.	Podsumowanie	88
Literatura		90

1. Wstęp

W wyniku przetwarzania surowców rybnych na produkty żywnościowe oddzielane są ich niejadalne części stanowiące tak zwane produkty uboczne zwane dalej odpadami poprodukcyjnymi. Rodzaje i właściwości odpadów rybnych są bardzo zróżnicowane i zależą od gatunku oraz wyjściowej postaci przetwarzanych surowców, a także od zakresu i sposobu ich obróbki.

Odpady poprodukcyjne przemysłu spożywczego, a zwłaszcza przetwórstwa rybnego, mimo że są bardzo uciążliwe i stwarzają duże zagrożenia dla naturalnego środowiska, mogą być bardzo dobrym surowcem do wytwarzania wysokobiałkowych i energetycznych półproduktów paszowych (mączki i oleju rybnego), a także mieszanek paszowych i karmy dla zwierząt hodowlanych oraz produktów technicznych i biotechnologicznych (Sikorski 1980, Usydus i Dobrzyński 2007). Jednakże ze względu na zachodzące w tych odpadach intensywne procesy biochemiczne, fizyczne i mikrobiologiczne należą one do surowców szybko się psujących. Przedłużenie przydatności odpadów rybnych do dalszego wykorzystania wymaga ich przechowywania w warunkach chłodniczych lub zamrażalniczych, a w uzasadnionych przypadkach również konserwowania dozwolonymi środkami chemicznymi (Czyżyk 2010). Niedotrzymanie tych warunków powoduje znaczne pogorszenie jakości, a więc i przydatności odpadów poobróbczych do dalszego przetwórstwa na cele paszowe i inne.

Zakres zagospodarowywania i utylizacji odpadów rybnych powstających w krajowym przetwórstwie rybnym, zarówno pod względem ich ilości, jak też rodzajów oraz właściwości i przydatności technologicznej do dalszego przetwarzania na produkty rynkowe, głównie paszowe, nie jest dostatecznie rozpoznany. Brakuje danych statystycznych dotyczących ilości i charakterystyki jakościowej odpadów powstających w zakładach przetwórstwa rybnego (Kołodziej 2007).

W krajowym przetwórstwie półprodukty i produkty paszowe wytwarza się z surowców odpadowych pochodzących z przetwórstwa ryb morskich i hodowlanych. Są to odpady powstające podczas obróbki wstępnej ryb, w tym odpady twarde (głowy, kręgosłupy) i miękkie (wnętrzości), a także ryby zdyskwalifikowane na przykład z powodu zbyt dużej ilości zewnętrznego tłuszczu oraz ryby nieświeże.

Półprodukty i produkty paszowe otrzymywane z surowców rybnych charakteryzują się zazwyczaj wysoką zawartością białka ogólnego, o bardzo dużej strawności i właściwym profilu aminokwasowym, znacznym udziałem minerałów (wapń, fosfor, magnez) oraz witamin A, D i E, rozpuszczalnych w tłuszczach.

Wartość biologiczna białka w rybnych produktach paszowych jest najwyższa ze wszystkich produktów paszowych pochodzenia zwierzęcego, ze względu na duży udział aminokwasów, w tym lizyny, metioniny, treoniny i tryptofanu. Zawierają one także znaczne ilości tłuszczu (10 - 15%), dzięki czemu charakteryzują się wysoką koncentracją energii metabolicznej strawnej, która może wynosić 16 MJ/kg i więcej. Ponieważ tłuszcze obecne w rybnych produktach paszowych ze względu na skład kwasów tłuszczowych ulegają szybko utlenianiu (jełczeniu), a powstające w związku z tym substancje mogą być toksyczne dla zwierząt, do produktów tych dodaje się przeciwutleniacze. Półprodukty i produkty paszowe z odpadów rybnych mają znaczne ilości witamin, głównie z grupy B. Są one również bogatym źródłem wielu makroelementów, w tym: Ca, Mg, Na, Cl, P oraz mikroelementów, jak: Cu, Se, Co, Fe, J i Zn (Usydus 2005). Podobnie jak spożywcze przetwory rybne, półprodukty i produkty paszowe mogą stanowić wartościowy produkt żywieniowy tylko wtedy, gdy nie będą zawierać toksycznych związków chemicznych oraz drobnoustrojów

chorobotwórczych niebezpiecznych dla zwierząt hodowlanych (Zaleski 1978).

Odpady pochodzące z przetwórstwa karpi charakteryzuje wysoki udział białka oraz tłuszczu zawierającego wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, a także makro- i mikroelementów (Łuczyńska i in. 2011, Puchała i Pilarczyk 2007). Dlatego też celem przedstawionych w pracy badań, wykonanych na zlecenie Politechniki Koszalińskiej w Morskim Instytucie Rybackim - Państwowym Instytucie Badawczym w ramach współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rybackiego projektu "Kompleksowy system przetwarzania karpi na nowoczesne produkty spożywcze i paszowe", było opracowanie i weryfikacja, na podstawie prób laboratoryjnych, metod przetwarzania na komponenty paszowe odpadów poprodukcyjnych z karpi, a w szczególności:

- zbadanie właściwości fizykochemicznych i sensorycznych odpadów miękkich i twardych z karpi, a także określenie zmian ich jakości podczas przechowywania w normatywnych warunkach,
- opracowanie ogólnych warunków i zasad zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych z karpi,
- określenie wymagań jakościowych dla odpadów z przetwórstwa karpi oraz opracowanie optymalnych metod ich przetwarzania na pasze,
- wykonanie laboratoryjnych prób weryfikujących opracowane metody przetwarzania odpadów poprodukcyjnych z karpi,
- dokonanie charakterystyk jakościowych nowego typu półproduktów i produktów paszowych z odpadów poprodukcyjnych z karpi.

2. Charakterystyka odpadów poprodukcyjnych z karpi oraz zmiany ich jakości podczas przechowywania w normatywnych warunkach

Opracowanie metod przetwarzania odpadów poprodukcyjnych z przetwórstwa karpi poprzedzono charakterystyką ich właściwości fizykochemicznych i sensorycznych oraz określeniem zmian ich jakości podczas przechowywania w warunkach chłodniczych i zamrażalniczych.

2.1. Wymagania jakościowe dla odpadów poprodukcyjnych

O przydatności do dalszego przetwórstwa odpadów poprodukcyjnych z karpi decydują: stan świeżości i cechy jakościowe przetwarzanych surowców rybnych. Z tego względu do oceny jakości i przydatności technologicznej odpadów z karpi zastosowano wymagania klasyfikacyjne zawarte w krajowej normie PN-A-86750:1996P "Ryby i inne zwierzęta wodne - Ryby słodkowodne świeże i mrożone". W tabeli 1, opracowanej na podstawie tej normy, scharakteryzowano cechy sensoryczne anatomicznych części karpi, które mogą być wykorzystane na cele paszowe. Pozwalają one stwierdzić, że odpady na cele paszowe mogą być pozyskiwane z karpi zakwalifikowanych do każdej z klas jakościowych. W związku z tym wygląd odpadów powinien być charakterystyczny dla rodzaju, stanu i odmiany surowców rybnych. Dopuszczalne są lekkie zmiany autolityczne oraz lekko zatarte kontury wnętrzości

Tabela 1. Wybrane cechy sensoryczne odpadów poprodukcyjnych z karpi

Lp.	Wyróżniki jakości	Klasy		
		E	A	B
Ryby świeże i mrożone				
1.	Skóra	połyskująca, opalizująca, o naturalnym zabarwieniu, czysta; nie dopuszcza się ryb z oznakami szaty godowej i ciekących dopuszcza się mniej połyskującą, lekko zmatowiałą, u ryb mrożonych bez połysku, zmatowiałą; dopuszcza się ryby z oznakami szaty godowej, ciekące; dopuszcza się matową, bez połysku, u ryb mrożonych lekko odbarwioną		
2.	Śluz na skórze	naturalny, przezroczysty; dopuszcza się u ryb mrożonych lekko mętny dopuszcza się barwę lekko wyblakłą, występowanie śluzu, u ryb mrożonych skrzela wyblakłe i lekko zmętniały śluz dopuszcza się wyblakłe, u ryb mrożonych żółtawe; pokryte gęstym śluzem		
3.	Skrzela	barwa jasnoczerwona, skrzela wolne od śluzu; dopuszcza się u ryb mrożonych barwę lekko pociemniałą i lekki śluz dopuszcza się barwę lekko wyblakłą, występowanie śluzu, u ryb mrożonych skrzela wyblakłe i lekko zmętniały śluz dopuszcza się wyblakłe dla ryb mrożonych żółtawe; pokryte gęstym śluzem		
4.	Oczy	oczy wypukłe, błyszczące płaskie, lekko mętne wklęsłe, mętne		
5.	Zapach	skóry, skrzeli, narządów wewnętrznych i mięsa - swoisty, charakterystyczny dla ryb świeżych danego gatunku dopuszcza się swoisty rybi dopuszcza się u ryb świeżych lekko kwaśny zapach skrzeli, a u ryb mrożonych tłustych lekko jełki zapach mięsa		
6.	Jama ciała	kontury narządów wewnętrznych wyraźne, ostre, płaty brzuszne naturalnej barwy bez oznak autolitycznych, barwa nerki czerwona o odcieniu takim samym jak krew wewnątrz aorty kontury narządów wewnętrznych wyraźne; dopuszcza się powierzchniowe zmiany autolityczne; barwa nerki matowo-czerwona dopuszcza się kontury narządów wewnętrznych lekko zatarte; dopuszcza się zmiany autolityczne na płatach brzusznych, barwę nerki bladoczerwoną		
7.	Barwa mięsa wzdłuż kręgosłupa	barwa mięsa wzdłuż kręgosłupa naturalna dopuszcza się lekko różową dopuszcza się lekko różową		

Odpady nie mogą być zanieczyszczone ciałami obcymi lub substancjami chemicznymi szkodliwymi dla zdrowia zwierząt. Tekstura odpadów miękkich (wnętrzości) powinna być spoista do miękkiej, dopuszczalna jest również lekko mazista. Zapach odpadów powinien być swoisty, rybi. Dla narządów wewnętrznych i skrzeli dopuszcza się zapach lekko kwaśny lub mulisty. Nie dopuszcza się natomiast zapachu gnilnego lub innego obcego.

Z uwagi na szybko postępujące procesy psucia się, odpady poprodukcyjne z karpia powinny być bezpośrednio po uzyskaniu kierowane do dalszego przetwarzania, ewentualnie przechowywane w chłodni przez krótki czas, w temperaturze 1 - 4°C. W innym przypadku, gdy zachodzi konieczność dłuższego magazynowania, odpady z karpia powinny być zamrożone i przechowywane w temperaturze poniżej -18°C.

2.2. Odpady poprodukcyjne powstające w procesie obróbki wstępnej karpia

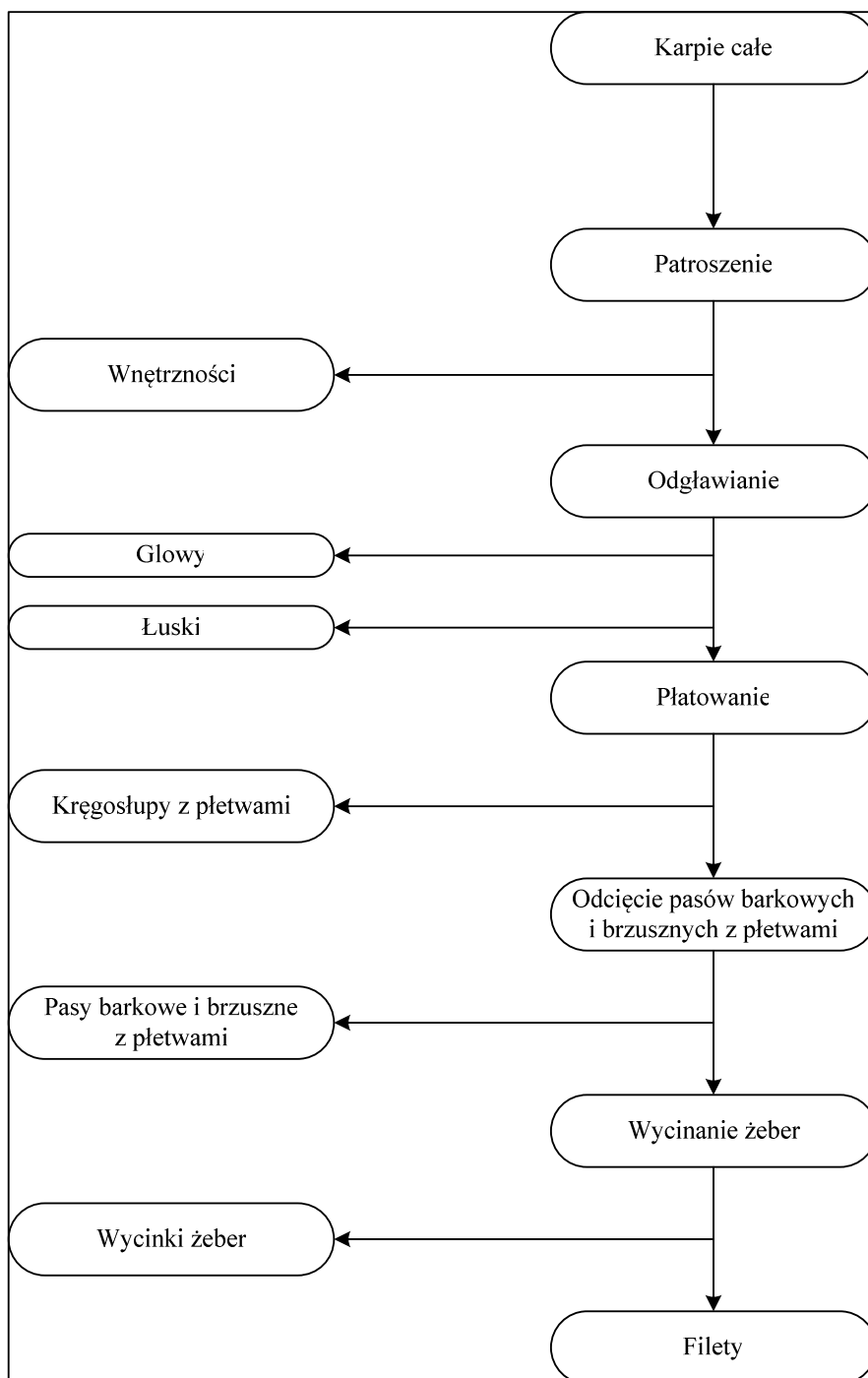
Głównym składnikiem chemicznym karpia, podobnie jak innych gatunków ryb, jest woda, której udział wynosi od 57% do 83%. Udział białka wynosi od 12% do 24%, a tłuszczu - od 0,2% do 27,5%. Karpie są też bogatym źródłem makro- i mikroelementów (Gurgul 2001, Pijanowski i Dłużewski 2004). Skład i także właściwości fizykochemiczne mięsa karpia, zależą od warunków środowiskowych oraz żywieniowych (Puchała i Pilarczyk 2007). Z kolei udział jadalnych i niejadalnych części w przetwarzanych surowcach rybnych zależy od gatunku, stadium rozwojowego i stopnia odżywiania ryb (Sikorski 1994). Podstawowym warunkiem racjonalnego wykorzystywania karpia w przetwórstwie jest uzyskanie maksymalnej wydajności części jadalnych w postaci półproduktów, a także efektywne zagospodarowanie odpadów powstających w wyniku ich obróbki wstępnej.

Rozbiór całych karpia obejmuje standardowe operacje stosowane w przetwórstwie rybnym, a uzyskiwane półprodukty (tusze, dzwonka, płaty lub filety) są przedmiotem obrotu handlowego.

Na ogół na proces obróbki wstępnej karpia składają się:

- patroszenie,
- odłuszczenie,
- odgławianie,
- płatowanie tusz,
- odcięcie pasów barkowych i pasów brzusznych z płetwami,
- wycięcie żeber z płatów i uzyskanie filetów.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat technologiczny obróbki wstępnej całych karpia do postaci filetów, z wyszczególnieniem odpadów powstających w wyniku poszczególnych operacji. Odpady te ze względu na skład i właściwości dzieli się na twarde oraz miękkie. Do odpadów twardych zaliczane są głowy, kręgosłupy, pasy barkowe, pasy brzuszne oraz wycinki żeber, a do odpadów miękkich należą głównie wnętrzności (rys. 2).



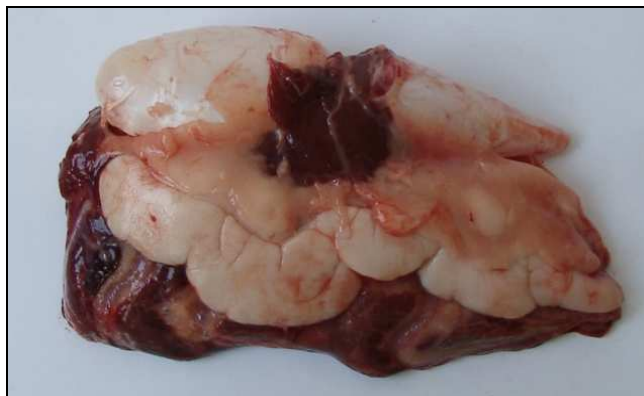
Rys. 1. Schemat technologiczny procesu filetowania karpia



Rys. 2. Filety oraz odpady uzyskane w wyniku obróbki wstępnej karpia

Patroszenie

W wyniku patroszenia karpia jest uzyskiwany półprodukt w postaci karpia patroszonych z głową oraz odpady miękkie, czyli wnętrzności (rys. 3). W próbach technologicznych patroszenia stwierdzono, że średnia masa karpia patroszonego z głową wynosiła około 86,5% masy ryby całej, natomiast średnia masa odpadów miękkich - około 12,4%. Pozostały około 1,1% masy to tak zwane ubytki technologiczne.



Rys. 3. Odpady miękkie (wnętrzności) po patroszeniu karpia

Odgławianie

Po operacji odgławiania karpia, w zależności od rodzaju odcięcia, otrzymuje się tusze karpia z pasem barkowym i z płetwami (cięcie proste) lub tusze karpia bez pasa barkowego (cięcie okołoskrzelowe) oraz odpady twarde, czyli głowy (rys. 4). Badania wykazały, że średnia masa tuszy wynosiła około 70,1% masy ryby całej, natomiast średnia masa odpadów twardych (głowy z pasem barkowym) - około 15,9%.



Rys. 4. Głowa odcięta cięciem okołoskrzelowym po łuku

Odluszczenie

Po odluszczeniu tusza karpia bez łusek stanowi około 66,9% masy ryby całej, a odpady w postaci łusek stanowią około 3,2% jej masy (rys. 5).



Rys. 5. Łuski usunięte z tuszy karpia

Płatowanie karpia

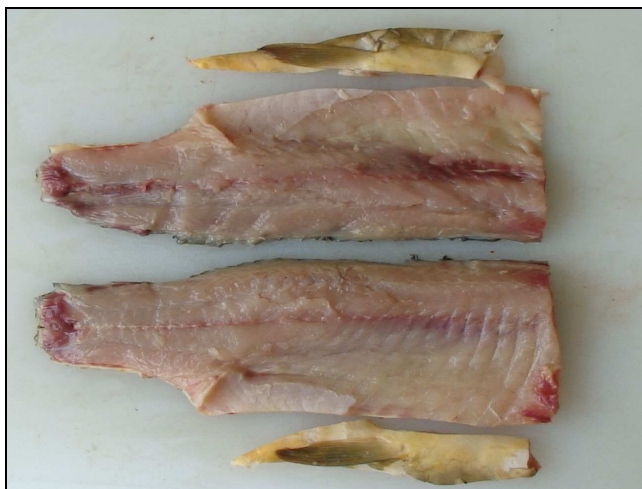
W wyniku operacji płatowaniu tusz karpia uzyskuje się płaty z płetwami piersiowymi i brzuszными (około 56,2% masy) oraz odpady w postaci kręgosłupów wraz z płetwami: grzbietową, odbytową i ogonową (około 12,9% masy) (rys. 6).



Rys. 6. Płaty i kręgosłup uzyskane z tuszy karpia

Odcięcie pasów brzusznych z płetwami

W kolejnym etapie obróbki wstępnej od płatów są odcinane pasy brzuszne (rys. 7).



Rys. 7. Płaty i pasy brzuszne z płetwami uzyskane z płatów karpia

Średnia masa dwóch płatów uzyskanych z jednej tuszy wynosi około 48,6%, a średnia masa odpadów - około 6,7% masy ryby całej.

Wycięcie żeber z płatów

Po wycięciu żeber z płatów karpi uzyskuje się półprodukt finalny - filety oraz odpady twarde - wycięte żebra (rys. 8).

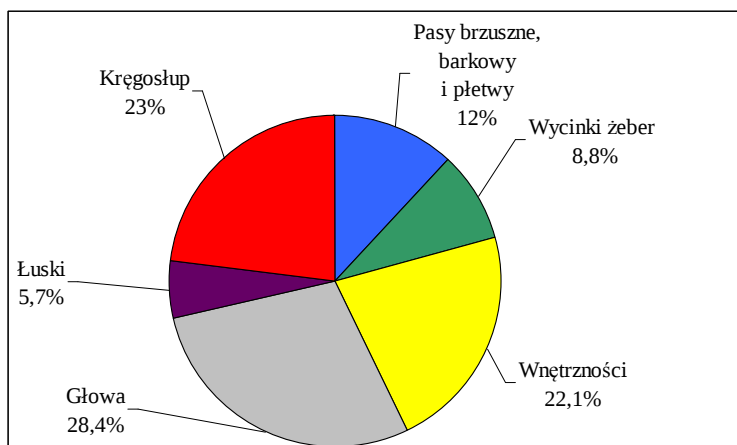


Rys. 8. Filet i wycięte żebra

Średnia masa filetów otrzymanych z jednej tuszy wynosi około 44,0% masy ryby całej, natomiast średnia masa żebier z pozostałościami tkanki mięsnej - około 4,9% jej masy.

Z bilansu masowego (rys. 9) wytworzonych półproduktów i odpadów uzyskanych podczas obróbki ręcznej całych karpia do postaci filetów wynika, że całkowity udział odpadów wynosi średnio około 56,0% masy ryb całych, w tym:

- głowy (około 15,9%),
- kręgosłupy bez żebier (około 12,9%),
- wnętrzności (około 12,4%).



Rys. 9. Średnie udziały masowe odpadów uzyskanych podczas filetowania karpia (%)

Podczas obróbki tusz karpia do postaci filetów (z pominięciem operacji płatowania) kręgosłupy są oddzielane wraz z żebierami, przez co ich udział wzrasta do

około 17,8% masy odpadów (rys. 10). Znacznie mniejszy udział w odpadach mają pasy barkowe i brzuszne z płetwami (około 6,7%) oraz wycinki żeber (około 4,9%).



Rys. 10. Filety i kręgosłup z żebrami otrzymane po filetowaniu tuszy karpia

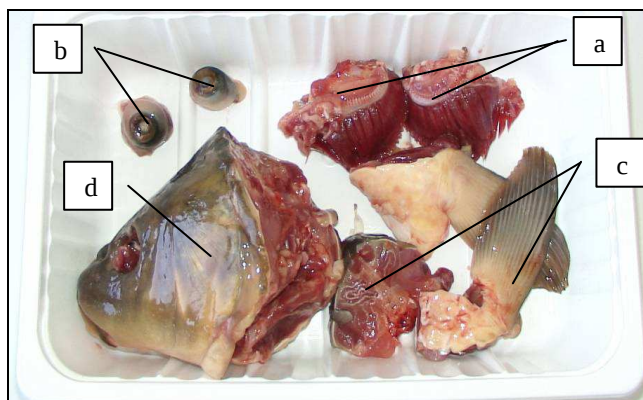
W warunkach produkcyjnych wykorzystywanie odpadów poprodukcyjnych z karpia na cele paszowe powinno być poprzedzone podyktowanym względami ekonomicznymi oddzieleniem z odpadów twardych, zwłaszcza kręgosłupów, jadalnego mięsa (MOM), przeznaczonego na cele żywnościowe.

2.3. Charakterystyka odpadów poprodukcyjnych

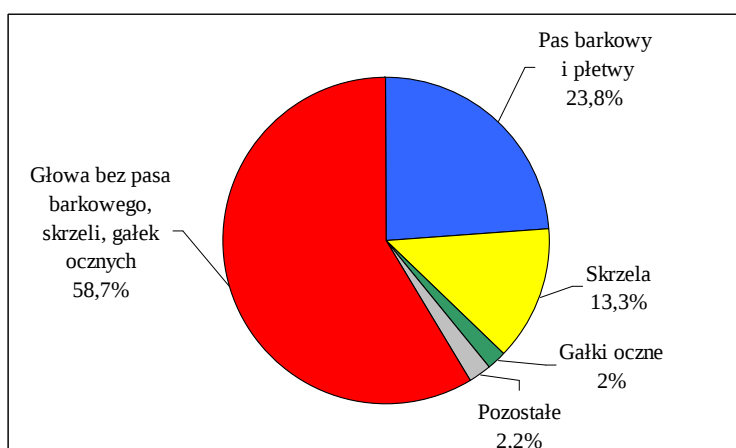
Poszczególne rodzaje odpadów powstałych po filetowaniu całych karpia są bardzo zróżnicowane pod względem masy, struktury (postaci), obecności części kostnych i ości oraz skóry. Odpady te charakteryzują się także odmiennymi właściwościami fizykochemicznymi oraz cechami sensorycznymi.

2.3.1. Głowy

Głowy karpia, z pasem barkowym lub bez, są największą częścią odpadów poprodukcyjnych. Na rysunku 11 przedstawiono podstawowe części anatomiczne wchodzące w skład głowy karpia oddzielonej wraz z pasem barkowym, a na rysunku 12 - wyrażony w procentach ich średni udział w masie całej głowy.



Rys. 11. Podstawowe anatomiczne części głowy karpia: a - skrzela, b - gałki oczne, c - pas barkowy i płetwy, d - głowa bez gałek ocznych, skrzeli i pasa barkowego



Rys. 12. Średnie masowe udziały podstawowych anatomicznych części głowy karpia (%)

W tabeli 2 przedstawiono podstawowy skład chemiczny rozdrobnionych głów karpia, pozbawionych pasa barkowego z płetwami.

Tabela 2. Podstawowy skład chemiczny głów karpia

Składnik	Udział (%)
Woda	67,16 ± 0,78
Sucha masa	32,84 ± 0,35
Białko (N·6,25)	12,50 ± 0,13
Tłuszcz	13,02 ± 0,31
Popiół całkowity	7,32 ± 0,10

Znaczna ilość twardych kostnych części w głowach karpia wpływa na duży udział suchej masy i popiołu całkowitego (ponad 7%). Przetwarzanie tego rodzaju odpadów na cele paszowe wiąże się zazwyczaj z koniecznością ich dokładnego rozdrobnienia przed dalszą obróbką.

2.3.2. Kręgosłupy

Kręgosłupy karpia stanowią drugą co do wielkości, po głowach, część odpadów poprodukcyjnych. W zależności od zastosowanej metody obróbki kręgosłupy karpia mogą być z żebrami (rys. 13) lub bez żeber (rys. 14).

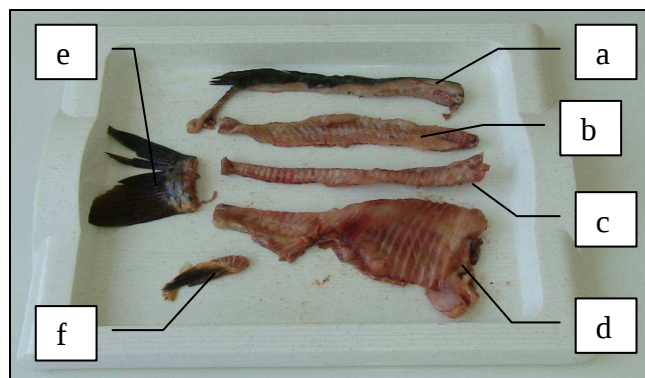


Rys. 13. Odpady twarde (kręgosłup z żebrami) po filetowaniu karpia

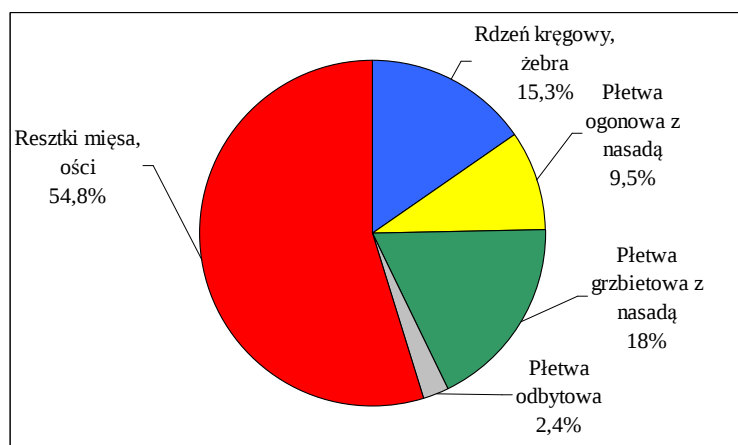


Rys. 14. Odpady twarde (kręgosłup bez żeber) po płatowaniu karpia

Podstawowe części kręgosłupów z żebrami po filetowaniu karpia, po oddzieleniu jadalnego mięsa, przedstawia rysunek 15, a na rysunku 16 wyrażono w procentach udział ich masy udział w stosunku do całych kręgosłupów.



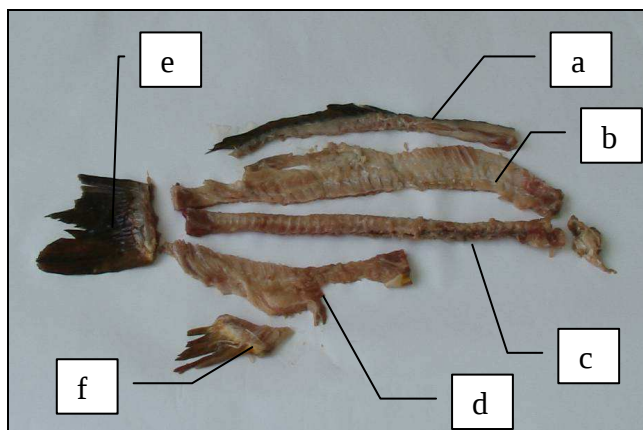
Rys. 15. Podstawowe części kręgosłupa karpia po filetowaniu: a - płetwa grzbietowa z nasadą, b - mięsień grzbietowy, c - rdzeń kręgowy, d - żebra, e - płetwa ogonowa z nasadą, f - płetwa odbytowa



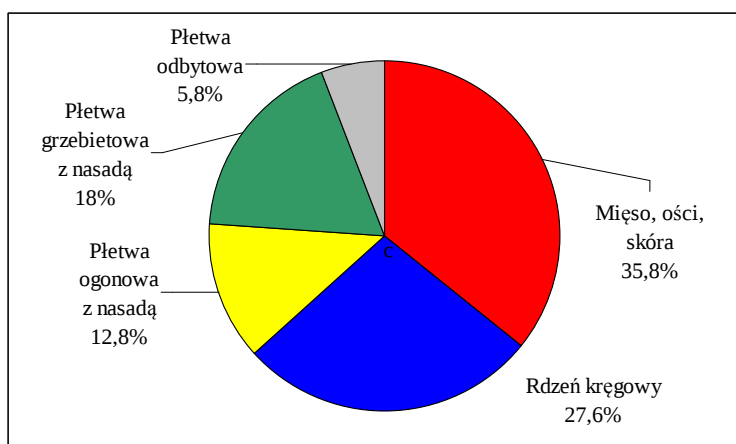
Rys. 16. Średnie masowe udziały podstawowych anatomicznych części kręgosłupa karpia po filetowaniu (%)

Największy udział w masie kręgosłupów po filetowaniu z pominięciem płatowania mają pozostałości tkanki mięsnej wraz z ościami i skórą (około 54,8%) oraz płetwy z nasadami (około 29,9%). Natomiast kostne części kręgosłupów, składające się po oddzieleniu tkanki mięsnej (MOM) z rdzeni kręgowych i żeber, stanowią około 15,3% masy.

Na rysunku 17 przedstawiono podstawowe części składowe kręgosłupa otrzymane po płatowaniu karpia i po oddzieleniu tkanki mięsnej, a na rysunku 18 ich udział w masie kręgosłupa.



Rys. 17. Podstawowe części kręgosłupa po płatowaniu karpia, po odzysku mięsa:
 a - płetwa grzbietowa z nasadą, b - mięsień grzbietowy, c - rdzeń kręgowy, d - tkanka mięśniowa, e - płetwa ogonowa z nasadą, f - płetwa odbytowa



Rys. 18. Średnie masowe udziały podstawowych anatomicznych części kręgosłupa po płatowaniu karpia (%)

Jak wykazały badania, największy udział w masie kręgosłupów, po oddzieleniu mięsa, miały płetwy (łącznie około 36,6%) oraz resztki mięsa, drobne ości i skóry (około 35,4%). Natomiast kostne części kręgosłupów - rdzenie kręgowe - stanowiły około 27,6%.

W tabeli 3 przedstawiono podstawowy skład chemiczny kręgosłupów po płatowaniu i po filetowaniu karpia, po oddzieleniu z nich tkanki mięsnej. Dane wskazują, że podstawowy skład chemiczny obu rodzajów kręgosłupów karpia był zróżnicowany. Udział wody w kręgosłupach po filetowaniu oraz po płatowaniu karpia wynosił, odpowiednio: 63,4% i 67,1%, białka - 13,6% i 12,8%, tłuszczu - 16,9% i 13,8%, zaś popiołu całkowitego - 5,6% i 6,3%.

Tabela 3. Podstawowy skład chemiczny rozdrobnionych kręgosłupów po płatowaniu i filetowaniu karpia

Składnik	Kręgosłupy	
	po filetowaniu (%)	po płatowaniu (%)
Woda	63,86 ± 0,40	67,10 ± 0,52
Sucha masa	36,14 ± 0,21	32,90 ± 0,36
Białko (N·6,25)	13,63 ± 0,19	12,80 ± 0,21
Tłuszcz	16,91 ± 0,20	13,78 ± 0,17
Popiół całkowity	5,60 ± 0,00	6,32 ± 0,14

Biorąc pod uwagę możliwości wykorzystywania odpadów twardych z karpia na cele paszowe należy zaznaczyć, że są one bogatym źródłem makro- i mikroelementów (Polak-Juszczak 2007, Toppe i in. 2007). Jak stwierdzili Fatychov i in. (2011), kości ryb są kilkakrotnie bogatsze w makro- i mikroelementy niż tkanka mięśniowa, na przykład w wapń - 6,2-krotnie, w magnez - 8-krotnie, w mangan - 1,1-krotnie. Potwierdziły to badania przeprowadzone w Morskim Instytucie Rybackim - Państwowym Instytucie Badawczym. W tabeli 4 przedstawiono dane dotyczące zawartości makro- i mikroelementów w kostnych częściach kręgosłupów karpia.

Tabela 4. Zawartość makro- i mikroelementów w kostnych częściach kręgosłupów karpia

Części kostne karpia	Zawartość makro- i mikroelementów (mg/kg mokrej masy)									
	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	Zn	Cr	Cu	Mn
Rdzenie kręgowe	104995	11,57	1815	1236	2075	35374	48,90	0,35	0,41	8,01
Żebra	141034	4,62	2592	2703	2696	64047	94,80	0,41	0,23	16,52
Kręgosłupy z żebkami	107184	14,04	1879	1218	2001	34603	67,50	0,40	0,35	8,06

Zawartość makro- i mikroelementów w odpadach twardych, zwłaszcza kręgosłupach, wskazuje, że mogą być one wartościowymi surowcami paszowymi.

2.3.3. Wnętrza

Do odpadów miękkich zalicza się wnętrza: serce, wątrobę, gonady, woreczek żółciowy, przewód pokarmowy i pęcherz pławny (rys. 19). Stanowią one około 12,4% masy ryb całych. Ich podstawowy skład chemiczny, uśredniony po rozdrobnieniu, przedstawiono w tabeli 5.



Rys. 19. Wnętrznosci karpia

Tabela 5. Podstawowy skład chemiczny wnętrznosci karpia

Składnik	Zawartość (%)
Woda	70,58 ± 0,23
Sucha masa	29,42 ± 0,47
Białko (N·6,25)	11,25 ± 0,19
Tłuszcz	16,81 ± 0,39
Popiół całkowity	1,25 ± 0,04

Wnętrznosci karpia zawierają dużo tłuszczu (16,8%) i białka (11,3%). Z tego względu mogą być one wykorzystane jako surowiec na cele paszowe. Z uwagi na delikatną strukturę odpady te nie wymagają wstępnego rozdrabniania przed dalszym przetwarzaniem.

2.3.4. Pasy brzuszne i pasy barkowe z płetwami

Pasy brzuszne i pasy barkowe z płetwami stanowią łącznie około 6,7% masy całej ryby. Odpady te różnią się zasadniczo pod względem składu chemicznego oraz wartości żywieniowych.

Pasy brzuszne z płetwami

Pasy brzuszne z płetwami są odcinane od płatów karpia w celu uzyskania półproduktu w postaci filetów (rys. 20).



Rys. 20. Pasy brzuszne z płetwami odcięte od płatów karpia

W tabeli 6 zamieszczono dane dotyczące podstawowego składu chemicznego rozdrobnionych pasów brzusznych z płetwami.

Tabela 6. Podstawowy skład chemiczny pasów brzusznych z płetwami

Składnik	Zawartość (%)
Woda	56,24 ± 0,12
Sucha masa	43,76 ± 0,25
Białko (N·6,25)	14,13 ± 0,00
Tłuszcz	23,93 ± 0,35
Popiół całkowity	4,64 ± 0,00

W porównaniu z innymi rodzajami odpadów z karpia, w płatach brzusznych stwierdzono mniejszy niż w innych odpadach udział wody (56,2%) oraz wyższy udział białka (14,1%) i tłuszczu (23,9%). Udział tłuszczu w pasach brzusznych jest największy spośród odpadów poprodukcyjnych z karpia. Badania wykonane w MIR-PIB wykazały, że tłuszcz ten zawiera około 10 µg/g witaminy A, około 0,15 µg/g witaminy D oraz ponad 60 µg/g witaminy E. Wartości te są porównywalne z wynikami otrzymanymi dla tłuszczów innych gatunków ryb (Kunachowicz i in. 2005). Obecność witamin rozpuszczalnych w tłuszczu znacząco podwyższa wartości żywieniowe tych odpadów jako surowców przeznaczonych na cele paszowe.

Pasy barkowe z płetwami

Pas barkowy z płetwami pokazano na rysunku 21.



Rys. 21. Pas barkowy karpia

W tabeli 7 przedstawiony jest podstawowy skład chemiczny rozdrobnionych pasów barkowych z płetwami.

Tabela 7. Podstawowy skład chemiczny pasów barkowych z płetwami

Składnik	Zawartość (%)
Woda	$63,70 \pm 0,12$
Sucha masa	$36,30 \pm 0,54$
Białko (N·6,25)	$15,13 \pm 0,00$
Tłuszcz	$14,93 \pm 0,35$
Popiół całkowity	$6,24 \pm 0,00$

Wysokie zawartości suchej masy (36,3%) i popiołu całkowitego (6,2%) są spowodowane znacznym udziałem elementów kostnych w tych odpadach. Pasy barkowe charakteryzują się przede wszystkim wysokim udziałem pełnowartościowego białka.

Przedstawione wyniki badań świadczą o tym, że wszystkie odpady poprodukcyjne z karpia, ze względu na skład chemiczny, w tym wysoki udział białka i tłuszczu, zawierającego cenne żywieniowo wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 oraz witaminy, mogą być surowcami w pełni przydatnymi na cele paszowe.

2.4. Określenie zmian jakości odpadów poprodukcyjnych podczas przechowywania w normatywnych warunkach

Odpady poprodukcyjne, zwłaszcza wnętrzności, uzyskane podczas obróbki wstępnej karpia, szybko ulegają procesom psucia. Dlatego też, aby wydłużyć okres ich przydatności do przetwórstwa na cele paszowe, techniczne lub biotechnologiczne,

konieczne jest ich schłodzenie lub zamrożenie. Jednak nawet podczas chłodniczego lub zamrażalniczego przechowywania stopień niekorzystnych zmian jakości odpadów, może uczynić je nieprzydatnymi do dalszego przetwórstwa. Dlatego też przeprowadzono badania zmian jakości odpadów z karpi przechowywanych chłodniczo i zamrażalniczo, w celu określenia ich trwałości.

Materiałem do badań zmian świeżości i jakości podczas przechowywania w warunkach chłodniczych i zamrażalniczych były reprezentatywne próbki odpadów twardych (kręgosłupy i głowy) i miękkich (wnętrzości), otrzymane podczas ręcznej obróbki wstępnej karpi do postaci filetów. Próbki odpadów przechowywano w dwóch zakresach temperaturowych: w warunkach chłodniczych w temperaturze od 1°C do 4°C oraz w warunkach zamrażalniczych w temperaturze od -18°C do -20°C. W czasie przechowywania w próbkach odpadów oceniano podstawowe wyróżniki sensoryczne oraz oznaczano w nich zawartość wybranych wskaźników fizykochemicznych.

2.4.1. Ocena jakości sensorycznej

Ocena jakości sensorycznej dotyczyła odpadów przechowywanych w stanie surowym w warunkach chłodniczych oraz zamrażalniczych i była dokonywana po ich rozmrożeniu i osiągnięciu temperatury otoczenia, to jest temperatury 18 - 20°C.

Do punktowej ogólnej oceny jakości sensorycznej odpadów z karpi zastosowano zmodyfikowaną 5-punktową skalę ocen produktów żywnościowych opracowaną przez D. Tilgnera (Baryłko-Pikielna 1975, Gawęcka i Jędryka 2001). Skala ta obejmuje pięć poziomów jakości, którym przyznawano odpowiednią liczbę punktów: bardzo dobry - 5 pkt., dobry - 4 pkt., dostateczny, akceptowalny - 3 pkt., niedostateczny - 2 pkt., dyskwalifikujący - 1 pkt.

Ocenie podlegały:

- wygląd ogólny,
- zapach,
- barwa,
- tekstura,
- ogólna jakość sensoryczna.

Oceny wybranych wyróżników jakości sensorycznej odpadów poprodukcyjnych z karpi prowadzono uwzględniając wymagania zawarte w nieobowiązującej normie BN-79/8028-02 Surowce uboczne pochodzenia rybnego - Surowce rybne paszowe.

2.4.2. Oznaczenia wybranych wskaźników fizykochemicznych

Podczas badań fizykochemicznych oznaczono zmiany zawartości lotnych zasad amonowych (N-LZA) oraz wartości pH. Zawartość azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA) określono metodą zgodną z PN-A-86791:1995P "Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych - Oznaczanie lotnych zasad amonowych". Natomiast wartości pH oznaczano potencjometrycznie pehametrem typu CP-411, produkcji „ELMETRON” (Polska).

2.4.3. Wyniki badań

2.4.3.1. Jakość sensoryczna

Przechowywanie chłodnicze

W tabeli 8 zamieszczono wyniki ocen jakości sensorycznej odpadów z karpi przechowywanych w warunkach chłodniczych. Unaoczniają one, że początkowa jakość sensoryczna odpadów miękkich i twardych oceniana jako dobra (4,2 pkt.), w czasie przechowywania w warunkach chłodniczych ulegała stopniowemu pogorszeniu.

Najszybciej i w największym zakresie niekorzystne zmiany wyglądu, zapachu, barwy i tekstury stwierdzono w odpadach miękkich z karpi (wnętrznosciach).

Tabela 8. Zmiany jakości sensorycznej odpadów poprodukcyjnych z karpi, przechowywanych w temperaturze 1 - 4°C

Lp.	Wyróżnik	Czas (dni)	Odpady z karpi	
			wnętrznosci	kręgosłupy, głowy
1.	Wygląd ogólny	0	charakterystyczny dla rodzaju odpadu, kontury wnętrza ostre, brak zmian autolitycznych	typowy dla rodzaju odpadu
		2	kontury wnętrza lekko zatarte	bez zmian
		4	kontury wnętrza lekko zatarte	brak zmian
		6	kontury wnętrza zatarte, upłynnione	powierzchnia lekko matowa,
		10	-	powierzchnia matowa,
		12	-	duże przebarwienia
2.	Zapach	0	swoisty, rybi, dość intensywny	swoisty, rybi, dość intensywny
		2	swoisty rybi, lekko kwaśny	bez zmian, mało intensywny
		4	kwaśny, lekko jełki	rybi, mało intensywny
		6	kwaśny, jełki, lekko gnilny	rybi, mało intensywny
		10	-	lekko jełki
		12	-	jełki, stęchły
3.	Barwa	0	naturalna, typowa dla świeżego surowca	naturalna, typowa dla świeżego surowca
		2	naturalna, małe przebarwienia	bez zmian
		4	widoczne przebarwienia,	bez zmian
		6	duże przebarwienia	małe przebarwienia
		10	-	większe przebarwienia
		12	-	duże przebarwienia
4.	Tekstura	0	miękka	spoista, twarda
		2	miękka	bez zmian
		4	bardzo miękka	bez zmian
		6	bardzo miękka, mazista	twarda, miękka
		10	-	lekko mazista
		12	-	mazista, śluzowata
5.	Ocena ogólna (pkt)	0	4,2 ± 0,1	4,2 ± 0,3
		2	3,7 ± 0,3	4,1 ± 0,2
		4	3,1 ± 0,2	4,0 ± 0,1
		6	1,8 ± 0,3	3,6 ± 0,2
		10	-	3,0 ± 0,2
		12	-	1,9 ± 0,1

Po 4 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych odpady miękkie (wnętrznosci) charakteryzowały się lekko zatartymi konturami wewnętrznymi, lekko kwaśnym zapachem, miękką teksturą i zmienioną barwą. Jakość sensoryczną tych odpadów oceniono jako dostateczną (3,1 pkt.). Po 6 dniach przechowywania jakość sensoryczna odpadów miękkich została oceniona na poziomie dyskwalifikującym (1,8 pkt.) ze względu na częściowe ich upłynnienie w wyniku autolizy oraz kwaśny, jełki, lekko gnilny zapach i mazistą teksturę.

W odniesieniu do odpadów twardych (głowy, kręgosłupy) stwierdzono, że niekorzystne zmiany jakości podczas przechowywania chłodniczego postępowały

wolniej. Do 4. dnia przechowywania jakość sensoryczna odpadów twardych utrzymywała się poziomie dobrym (4,0 - 4,2 pkt.). Wygląd był typowy dla rodzaju odpadów - miały zapach rybi, swoisty, barwę naturalną, typową dla świeżego surowca, teksturę spoistą i twardą. Po 10 dniach przechowywania przydatność technologiczna odpadów twardych została oceniona jako najniższa dopuszczana do dalszego przetwórstwa (3,0 pkt.). Powierzchnia odpadów stała się matowa, zapach lekko jełki, barwa zmieniona, wystąpiły przebarwienia, tekstura stała się lekko mazista. Po 12 dniach przechowywania jakość sensoryczna odpadów twardych ze względu na mazistą i śluzowatą teksturę tkanki, jełki i stęchły zapach oraz zmienioną barwę została oceniona na poziomie dyskwalifikującym do dalszego przetwórstwa (1,9 pkt.).

Przechowywanie zamrażalnicze

Ocenę jakości sensorycznej odpadów miękkich i twardych, w zależności od czasu przechowywania w warunkach zamrażalniczych ilustrują dane przedstawione w tabeli 9.

Tabela 9. Jakość sensoryczna odpadów poprodukcyjnych z karpi, przechowywanych w temperaturze $-18 - -20^{\circ}\text{C}$

Lp.	Wyróżnik	Czas (m-ce)	Odpady z karpi	
			wnętrznosci	kręgosłupy, głowy
1.	Wygląd ogólny	0	charakterystyczny dla rodzaju odpadu, kontury ostre	typowy dla rodzaju odpadu,
		2	bez zmian	bez zmian
		4	bez zmian	brak zmian
		6	kontury lekko zatarte	powierzchnia matowa, zmieniona
		8	kontury zatarte	powierzchnia matowa, zmieniona
2.	Zapach	0	swoisty, intensywny	rybny, mało intensywny
		2	swoisty, rybi	mało intensywny
		4	rybi	bez zmian
		6	lekko jełki	mało intensywny, zamrażalniczy
		8	jełki, kwaśny	jełki, zamrażalniczy
3.	Barwa	0	naturalna, typowa	naturalna, typowa,
		2	bez zmian	bez zmian
		4	niewielkie przebarwienia	małe przebarwienia
		6	wyraźne przebarwienia	małe przebarwienia
		8	duże przebarwienia	większe przebarwienia
4.	Tekstura	0	miękka,	spoista, twarda
		2	bez zmian	bez zmian
		4	bez zmian	twarda, lekko sucha
		6	bez zmian	sucha
		8	miękka, mazista	sucha, twarda
5.	Ocena ogólna (pkt)	0	$4,2 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,3$
		2	$4,1 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,2$
		4	$4,0 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,1$
		6	$3,1 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,2$
		8	$1,9 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,2$

Jak wynika z tabeli 9, jakość sensoryczna odpadów poprodukcyjnych z karpi, przechowywanych w warunkach zamrażalniczych ulegała pogorszeniu znacznie wolniej niż w warunkach chłodniczych. Początkowa jakość sensoryczna odpadów miękkich

i twardych oceniona została na poziomie ponad dobrym (po 4,2 pkt.). Jakość sensoryczna odpadów miękkich po 4 miesiącach przechowywania utrzymywała się na poziomie dobrym (4,0 pkt.). Po 6. miesiącach przechowywania ich jakość sensoryczną, ze względu na zmienioną matową powierzchnię, lekko jełki zapach oraz wyraźne przebarwienia tkanki, oceniono na poziomie dostatecznym (3,1 pkt.). Po 8 miesiącach przechowywania jakość sensoryczna odpadów miękkich ze względu na zatarte kontury wnętrzości, jełki i kwaśny zapach oraz miękką, mazistą teksturę została oceniona na poziomie dyskwalifikującym (1,9 pkt.). Tak więc można uznać, że odpady miękkie z karpia przechowywane zamrażalniczo są przydatne do dalszego przetwórstwa przez 6 miesięcy.

W przypadku odpadów twardych (głowy, kręgosłupy) przechowywanych w warunkach zamrażalniczych stwierdzono, że ich jakość sensoryczna na poziomie dobrym (4,0 - 4,2 pkt.) utrzymywała się przez 6 miesięcy. Wygląd był typowy dla rodzaju odpadu – zapach rybny, swoisty, barwa naturalna, tekstura tkanki spoista i twarda. Po 8 miesiącach przechowywania przydatność technologiczna odpadów twardych została oceniona na poziomie granicznym do dalszego przetwórstwa (3,1 pkt.). Powierzchnia odpadów stała się matowa, zapach jełki, zamrażalniczy, barwa zmieniona, wystąpiły przebarwienia, tekstura sucha, włóknista.

Podsumowując przechowywalnicze badania odpadów poprodukcyjnych z karpia można stwierdzić, że w warunkach chłodniczych jakość sensoryczna odpadów miękkich utrzymywała się na poziomie co najmniej dostatecznym, akceptowalnym przez okres do 4 dni, a odpadów twardych do 10 dni.

W warunkach zamrażalniczych jakość sensoryczna odpadów miękkich utrzymywała się na poziomie co najmniej dostatecznym, akceptowalnym przez 6 miesięcy, a odpadów twardych przez 8 miesięcy.

2.4.3.2. Wskaźniki fizykochemiczne

Zbadano zmiany wybranych wskaźników fizykochemicznych w odpadach miękkich i twardych z karpia, przechowywanych w warunkach chłodniczych i zamrażalniczych,.

Przechowywanie chłodnicze

W tabeli 10 zamieszczono dane o zawartości azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA) i wartości pH w odpadach miękkich (wnętrzości) i twardych (kręgosłupów), przechowywanych w warunkach chłodniczych. Z danych wynika, że w okresie przechowywania chłodniczego odpadów miękkich (wnętrzości) zawartość wybranych wskaźników uległa zmianie. Wzrost zawartości N-LZA świadczy o intensyfikacji procesów autolizy (psucia) zachodzących w odpadach miękkich. Według Sikorskiego (1980) zawartość azotu lotnych zasad amonowych powyżej 35 mg N/100 g świadczy o zepsuciu surowca rybnego. Natomiast wartość pH odpadów miękkich, w analogicznym okresie przechowywania, obniżyła się z wartości 6,6 do 6,2, co wynikało m.in. ze wzrostu zawartości kwasu mlekowego, powstającego w wyniku beztlenowego rozkładu węglowodanów obecnych w tkance ryb (*ibidem*).

Tabela 10. Zawartość azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA) i wartość pH w odpadach z karpi, przechowywanych w temperaturze 1 - 4°C

Lp.	Wskaźnik	Czas (dni)	Odpady z karpi	
			wnętrznosci	kręgosłupy
1.	N-LZA (mg N/100 g)	0	15,23 ± 0,34	9,08 ± 0,20
		4	19,19 ± 0,21	13,52 ± 0,31
		6	32,90 ± 0,47	18,01 ± 0,17
		10	41,07 ± 0,25	21,25 ± 0,09
2.	pH (-)	0	6,6	6,7
		4	6,5	6,6
		6	6,4	6,6
		10	6,2	6,6

W odpadach twardych (kręgosłupy), przechowywanych w warunkach chłodniczych, wartość azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA) ulegała znacznie mniejszym zmianom podczas przechowywania chłodniczego niż w odpadach miękkich. Na przykład w okresie 10 dni przechowywania kręgosłupów karpi zawartość N-LZA wzrosła z 9,1 do 21,3 mg N/100 g, co świadczy o znacznie wolniejszym przebiegu procesów psucia się niż odpadów miękkich, w których zawartość N-LZA wzrosła z 15,5 do 41,3 mg N/100 g.

Przechowywanie zamrażalnicze

W tabeli 11 zamieszczono dane o zawartości azotu lotnych zasad amonowych (N-LZA) i wartości pH w odpadach miękkich (wnętrznosci) i twardych (kręgosłupy) przechowywanych w warunkach zamrażalniczych.

Tabela 11. Wybrane wskaźniki fizykochemiczne odpadów z karpi, przechowywanych w temperaturze -18 - -20°C

Lp.	Wskaźnik	Czas (m-ce)	Odpady z karpi	
			wnętrznosci	kręgosłupy
1.	N-LZA (mg N/100 g)	0	15,23 ± 0,34	9,08 ± 0,20
		4	17,49 ± 0,09	9,62 ± 0,12
		6	18,10 ± 0,67	14,90 ± 0,77
		10	21,30 ± 0,11	17,50 ± 0,27
2.	pH (-)	0	6,6	6,7
		4	6,6	6,6
		6	6,5	6,6
		10	6,4	6,6

Z danych w tabeli 11 wynika, że zmiany zawartości azotu lotnych zasad amonowych i wartości pH w odpadach miękkich i twardych przechowywanych w warunkach zamrażalniczych są mniejsze niż w przypadku przechowywania chłodniczego. Zastosowanie przechowywania zamrażalniczego wyraźnie spowolniło przebieg procesów psucia się odpadów, w wyniku czego odpady miękkie zachowały przydatność technologiczną do dalszego przetwórstwa przez 6 miesięcy, a odpady twarde przez 10 miesięcy.

3. Ogólne warunki i zasady zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych z karpia

Zgodnie z definicją zawartą w PN-A-86770:1999P "Ryby i przetwory rybne - Terminologia" produkt rybny uboczny jest to przetwór z surowców rybnych oraz surowców rybnych ubocznych, na przykład tran, olej rybny, mączka rybna.

Według tej samej normy, mączka rybna jest produktem uzyskiwanym z odpadów powstających podczas obróbki wstępnej ryb albo z ryb całych poprzez rozdrobnienie, gotowanie, prasowanie, wirowanie, suszenie i ewentualne odłuszczenie. Zależnie od zawartości w surowcu tłuszczu i tkanki łącznej stosuje się różne metody wytwarzania mączki rybnej, dwustopniową (mokrą) z oddzieleniem tłuszczu przed suszeniem i jednostopniową (suchą), w której odprasowuje się tłuszcz z gorącej, wysuszonej mączki. Mączka rybna zawiera około 6 - 10% wody, 1 - 12% tłuszczu, 40 - 75% białka surowego i 10 - 20% substancji mineralnych (Sikorski 2004).

Obecne przetwórstwo rybne, w zależności od gatunku surowca, może wytwarzać różne rodzaje mączek rybnych o określonym składzie i wartości żywieniowej. Na przykład mączka łososiowa (o barwie jasnej) wyprodukowana z odpadów z ryb łososiowatych jest bogata w aminokwasy egzogenne i wytwarzana bez dodatków białkowych pochodzenia roślinnego. Zawiera ona około 65% białka surowego o współczynniku strawności 92,8% oraz 12% tłuszczu. Z kolei mączka z odpadów śledziowych, która charakteryzuje się ciemną barwą i wyraźnym, intensywnym zapachem, stanowi podstawowy składnik łatwo strawnych rybnych mieszanek paszowych. Zawartość białka wynosi w niej około 35%, a tłuszczu 6%. Mieszanie tej mączki z innymi mączkami rybnymi tworzy bogatszy profil aminokwasowy mieszanki paszowej. Mączka rybna o nazwie "Special" jest wytwarzana z różnych odpadów pochodzących z przetwórstwa dorszy, szprotów, makreli, śledzi i innych ryb. Zawiera ona około 60% białka o współczynniku strawności ponad 95% oraz 13% tłuszczu. Mączka krewetkowa ma charakterystyczny zapach i może być stosowana osobno lub łączona z innymi mączkami rybnymi. Zawartość białka w tego typu mączce wynosi około 50%, zaś tłuszczu 9% (BAS-Pol 2013).

Z dostępnych danych wynika, że obecnie krajowe przetwórstwo rybne nie produkuje półproduktów i produktów paszowych wyłącznie z odpadów z karpia. Można więc stwierdzić, że opracowane warunki i zasady przetwarzania odpadów poprodukcyjnych z karpia dotyczyć będą nowych półproduktów i produktów. Definicja nowego produktu (ang. *novel food*) jest zawarta w Rozporządzeniu (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 1997 r. Zgodnie z tą definicją do nowych produktów zaliczane są między innymi produkty poddane procesowi wytwórczemu, obecnie niebędącemu w użyciu, w efekcie którego powstają istotne zmiany w składzie lub strukturze żywności lub jej składników, co z kolei ma wpływ na ich wartość odżywczą, metabolizm i poziom niepożądanych substancji. Obecnie większość nowych produktów powstaje w wyniku kombinacji określonych procesów technologicznych lub modyfikacji składu recepturowego. Najczęściej nowy wyrób jest efektem rozwoju istniejącej już grupy asortymentowej produktów poprzez wprowadzenie atrakcyjnych cech sensorycznych, nowej tekstury (konsystencji), użycie nowych opakowań i szaty graficznej, zmianę wielkości masy netto produktu w opakowaniu lub zmianę surowca oraz udziału składników dodatkowych (Daun 1994).

3.1. Podstawowe założenia technologiczne

Na podstawie wyników prac badawczo-rozwojowych opracowano ogólną koncepcję kompleksowego zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych z karpia. Podstawowe założenia tej koncepcji przedstawia schemat technologiczny (rys. 22). Jak

z niego wynika, surowce odpadowe pozyskiwane z rozbioru całych karpi będą przetwarzane na cele żywnościowe oraz na cele paszowe.

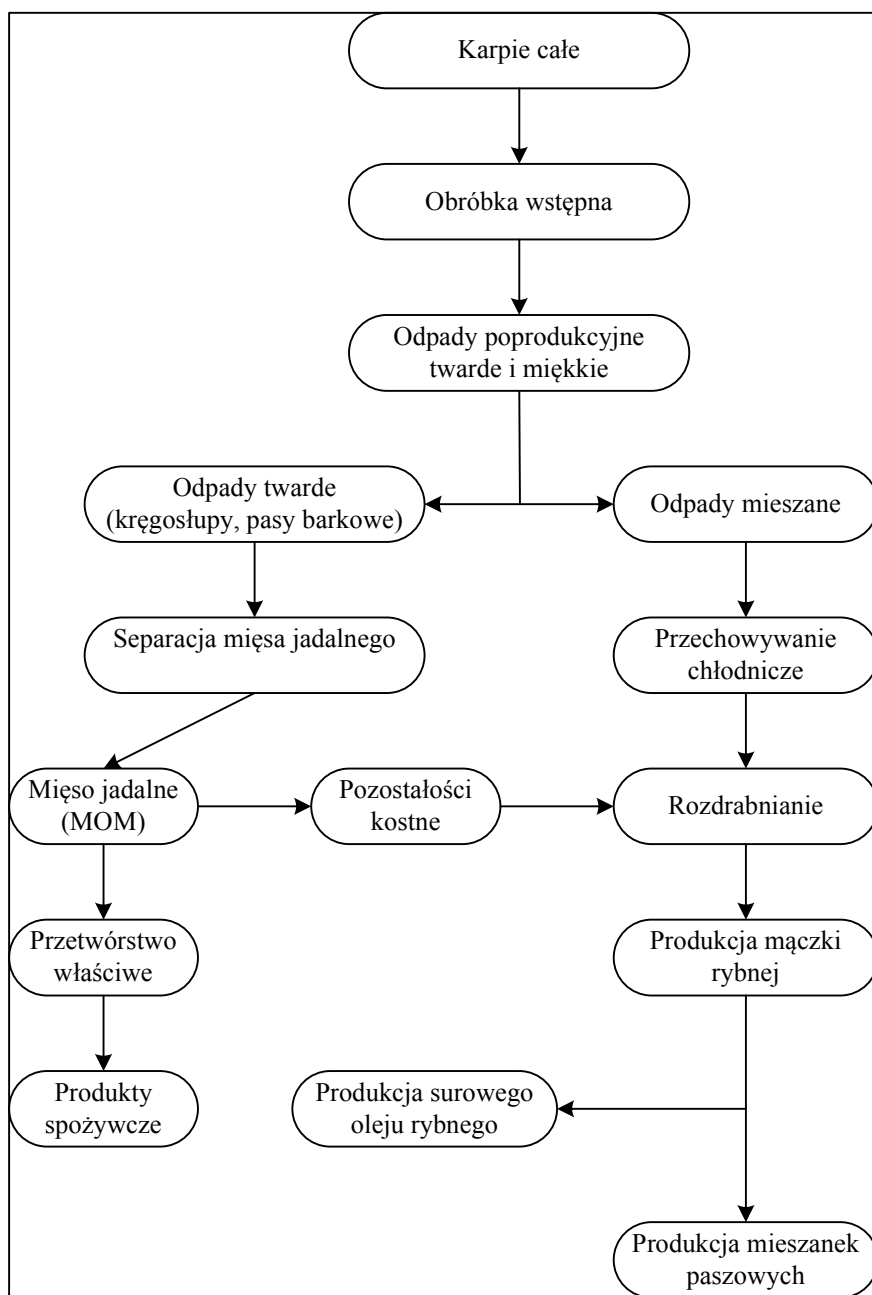
O docelowym przeznaczeniu odpadów z karpi do dalszego przetwórstwa decydować będą takie czynniki, jak rodzaj odpadów, ich jakość i stan świeżości, właściwości fizykochemiczne, metoda utrwalenia, udział części niejadalnych, a także warunki technologiczno-techniczne zakładu produkcyjnego.

Zakłada się, że dobrej jakości i świeżości odpady twarde (kręgosłupy i pasy barkowe) powinny zostać poddane mechanicznej separacji, by odzyskać jadalne mięso (MOM) na cele żywnościowe. Pozostałe odpady wraz z kostnymi pozostałościami po separacji jadalnego mięsa będą przechowywane w warunkach chłodniczych lub zamrażalniczych, stanowiąc surowiec do dalszego przetwarzania na półprodukty lub produkty paszowe.

Zakłada się również, że w warunkach produkcyjnych, ze względów praktycznych i organizacyjno-technicznych, twarde i miękkie odpady z karpi będą najczęściej występować w postaci odpadów mieszanych.

W pierwszym etapie przetwarzania odpady mieszane z karpi powinny zostać rozdrobnione w mechanicznym urządzeniu rozdrabniającym. Metoda rozdrabniania musi zapewnić dokładne zmielenie odpadów twardych (głowy, kręgosłupy). Bezpośrednio po rozdrobnieniu odpady będą poddawane procesowi przetwarzania na półprodukty paszowe (mączkę rybną i surowy olej). Dopuszcza się chłodnicze przechowywanie rozdrobnionych odpadów z karpi nie dłużej niż jedna doba.

Półprodukty paszowe uzyskane z odpadów z karpi mogą być pełnowartościowymi dodatkami w żywieniu zwierząt hodowlanych lub wykorzystane do wytwarzania produktów paszowych, między innymi ekstrudowanych mieszanek roślinno-rybnych przeznaczonych do żywienia określonych gatunków ryb hodowlanych.



Rys. 22. Schemat technologiczny kompleksowego zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych z karpia

W praktyce produkcyjnej niezbędnym warunkiem pełnego zagospodarowania odpadów z karpia będzie odpowiednie wyposażenie technologiczno-techniczne zakładu

przetwarzającego karpie na cele żywnościowe oraz zakładu produkującego komponenty paszowe i pasze, a także ścisła kooperacja między tymi zakładami w zakresie dostaw i sukcesywnego odbioru odpadów z karpia.

3.2. Charakterystyka półproduktów paszowych

Półproduktami paszowymi wytworzonymi z odpadów z karpia będą mączka rybna oraz surowy olej. W zależności od zastosowanej metody i zasad przetwarzania, półprodukty te będą charakteryzować się określonymi właściwościami fizykochemicznymi i żywieniowymi.

3.2.1. Mączka rybna z odpadów z karpia - metody i warunki produkcji

Krajowe przetwórstwo obecnie nie wytwarza mączki rybnej wyłącznie z odpadów poprodukcyjnych z karpia. Z tego względu można ją uznać za nowy półprodukt paszowy.

Cechy jakościowe mączki z odpadów z karpia powinny być zgodne z wymaganiami normy przedmiotowej PN-A-86852:1994P "Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna" (tab. 12).

Jak wynika z danych w tabeli 12., mączka z mieszanych odpadów z karpia powinna spełniać wymagania fizyczne co do postaci, barwy, zapachu, rozdrobnienia; wymagania chemiczne dotyczące podstawowego składu oraz wymagania mikrobiologiczne.

Należy zauważyć, że właściwości fizykochemiczne i odżywcze mączki z odpadów z karpia zależą będą od składu i jakości odpadów oraz technologii jej wytwarzania, w tym metody zagęszczania odcieku, oddzielania oleju oraz suszenia.

Mączka z odpadów z karpia będzie głównie paszą białkową, a obecność tłuszczu wpłynie na podwyższenie jej wartości odżywczej i energetycznej. Najważniejszym składnikiem odżywczym mączki z odpadów z karpia będą więc składniki białkowe.

Według standardów krajowych, w zależności od zawartości białka surowego (N·6,25) mączki dzielą się na pięć grup jakościowych. Należy pamiętać, że wartość białka, wyrażona jako iloczyn udziału procentowego azotu ogólnego i współczynnika 6,25, nie we wszystkich mączkach reprezentuje rzeczywistą zawartość składników białkowych, ponieważ różnią się one zawartością rozpuszczalnych substancji azotowych i niebiałkowych związków azotowych (Sikorski 1980).

Skład aminokwasowy białek w mączce z odpadów z karpia zależą będzie zarówno od rodzaju użytych odpadów, jak i od sposobu ich przetwarzania. W poszczególnych rodzajach odpadów z karpia różny jest udział białek miofibrylarnych, białek tkanki łącznej (kolagenu) oraz białek sarkoplazmatycznych.

W procesie wytwarzania mączki niektóre aminokwasy, zwłaszcza histydyna, cystyna i tryptofan, podczas zagęszczania odcieku w temperaturze powyżej 96°C ulegają destrukcji. Zbyt wysoka temperatura w etapie suszenia mączki może mieć także niekorzystny wpływ na wartość odżywczą białek oraz ich skład aminokwasowy.

Tabela 12. Jakość mączki rybnej według nieobligatoryjnej normy przedmiotowej PN-A-86852:1994P

Lp.	Wyróżnik	Wymagania jakościowe wg PN-A-86852:1994P
1.	Postać, struktura	proszek sypki, jednolity, brykiety, granulki, dopuszcza się zbrylenie proszku łatwo ustępujące przy nacisku, nie dopuszcza się zbrylenia brykietów i granulek
2.	Barwa	jasnokremowa do brązowoszarej, brązowej lub ciemnobrązowej
3.	Zapach	swoisty, charakterystyczny, niedopuszczalny zapach pleśni, stęchlizny, lub inny nieswoisty
4.	Rozdrobnienie - przesiew przez sito o boku oczka 4 mm (%)	100
5.	Zawartość białka (%) nie mniej niż: - mączka jakości I - mączka jakości II - mączka jakości III - mączka jakości IV - mączka jakości V	70 65 60 55 50
6.	Zawartość tłuszczu - mączki chude, nie więcej niż (%) - mączki tłuste (%)	10 10 - 15*)
7.	Zawartość chlorku sodu (%), nie więcej niż	4,0*)
8.	Zawartość wody (%)	5 - 10
9.	Zawartość popiołu surowego (%) nie więcej niż	20,0
10.	Wartość energetyczna (MJ/kg)	brak danych
11.	Obecność zanieczyszczeń ciałami obcymi szkodliwymi dla zdrowia zwierząt,	niedopuszczalna
12.	Obecność drobnoustrojów z rodzaju <i>Salmonella</i>	nieobecne w 25 g
13.	Obecność innych drobnoustrojów chorobotwórczych i ich toksyn	niedopuszczalna
14.	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	niedopuszczalna

*) Dopuszcza się, za zgodą odbiorcy, mączkę rybną o zawartości tłuszczu powyżej 15% i/lub zawartości chlorku sodu powyżej 4%.

Zmiany, jakie zachodzą w białkach podczas obróbki cieplnej, niekoniecznie muszą się wiązać ze zmianą składu aminokwasowego. Mogą również powstać dodatkowe wiązania między aminokwasami wbudowanymi w cząsteczki białka a węglowodanami oraz produktami autooksydacji tłuszczów, co w rezultacie może obniżyć dostępność aminokwasów. Z tego względu wartość biologiczną białek można określać również na podstawie dostępności lizyny, która bardzo łatwo ulega zmianom utrudniającym jej uwolnienie pod wpływem enzymów trawiennych (Sikorski 1980).

Mączka z odpadów z karpia zawierać będzie ponad 10% tłuszczu, który jest źródłem cennych ze względów żywieniowych wielonienasyconych kwasów

tłuszczowych z rodziny n-3 oraz n-6, a także witamin A, D i E, które są rozpuszczalne w tłuszczach.

Odpady po obróbce karpi zawierają także witaminy rozpuszczalne w wodzie. Zawartość tych witamin w mączce z odpadów z karpi zależy będzie od zastosowanych parametrów (czas, temperatura) obróbki cieplnej i suszenia. Dotyczy to między innymi witamin z grupy B, których część w czasie produkcji mączki może przejść do odcieku i ulec destrukcji.

Według danych literaturowych (Sparre 1965) w mączkach z mieszanych odpadów rybnych średnia zawartość witamin jest następująca: ryboflawina (ok. 7,3 mg/kg), kwas pantotenowy (ok. 30,6 mg/kg), niacyna (ok. 126 mg/kg) i witamina B₁₂ (ok. 0,25 mg/kg).

Zawartość i udział substancji mineralnych w mączce z odpadów z karpi zależy będzie w dużym stopniu od ich składu i zastosowanej metody przetwarzania. Przyjmuje się, że udział białka i soli mineralnych w mączkach rybnych wynosi ogółem ponad 80% (Sikorski 1980). Substancjami mineralnymi w mączce z odpadów z karpi są przede wszystkim sole wapnia (4 - 8% CaO) i fosforu (3,7 - 7% P₂O₅), które odgrywają ważną rolę w żywieniu. Występować będzie także chlorek sodowy, który jest niepożądany w stężeniu powyżej 2%. Spośród składników mineralnych występujących w mączce rybnej dużą rolę w żywieniu odgrywa również selen, którego średnia zawartość w mączce może wynosić ok. 2 µg/kg. Mączka jest również bogatym źródłem metali, w tym cynku (70 mg/g), żelaza (250 mg/kg), miedzi (7 mg/kg), manganu (4 mg/kg) i kobaltu (0,04 mg/kg) (Borgstrom 1962).

Udział substancji mineralnych w mączce w dużym stopniu zależy będzie od zastosowanej metody przetwarzania, gdyż w procesie produkcji mączki znaczna część składników mineralnych z odpadów rybnych może przejść do odcieku.

Na podstawie przedstawionej analizy można stwierdzić, że mączkę rybną wytworzoną z odpadów z karpi cechować będą wysokie walory żywieniowe, ze względu na udział pełnowartościowego białka, tłuszczu zawierającego wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 oraz n-6, a także witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i wodzie oraz substancji mineralnych.

W warunkach produkcyjnych mączka rybną z surowców odpadowych może być wytwarzana metodą jedno- lub dwustopniową.

Metoda jednostopniowa (sucha) - stosowana do przerobu surowca chudego, polega na gotowaniu i suszeniu w urządzeniach jednobębnowych. Surowiec po rozdrobnieniu najpierw poddaje się sterylizacji w temperaturze powyżej 100°C, a następnie suszeniu, zwykle pod zmniejszonym ciśnieniem uzyskiwanym przez odprowadzanie oparów do skraplacza barometrycznego. Metodą jednostopniową zawsze wytwarza się tak zwaną mączkę pełnocenną, zawierającą wszystkie wejściowe składniki odżywcze surowca. Stopień ich zachowania w stanie niezmienionym zależy od temperatury i czasu. Wydajność produktu jest wyższa niż w produkcji metodą dwustopniową bez wykorzystania odcieku.

Metoda dwustopniowa (mokra) - zapewnia uzyskanie najwyższej jakości produktu i niższe koszty. Większość wody oddzielana jest z rozgotowanej pulpy w prasach ślimakowych lub wirówkach szlamowych, a pozostałą pulpę suszy się w suszarni, najczęściej ogrzewanej przeponowo. Jeśli odciek po wstępnym zagęszczeniu dołącza się do półproduktu w suszarni, otrzymuje się tzw. mączkę pełnocenną (Sikorski 1980). Charakteryzuje ją bardzo wysoka zawartość wszystkich rozpuszczalnych w wodzie składników odżywczych. Metoda ta zalecana jest głównie do przerobu surowców o wysokiej zawartości tłuszczu.

Porównawszy obie metody wytwarzania mączek rybnych, uznano, że korzystniejszą metodą przetwarzania mieszanych odpadów z karpia, charakteryzujących się wysoką zawartością tłuszczu, będzie metoda dwustopniowa. Sposób wytwarzania mączki z odpadów karpowych nie odbiega od klasycznych metod stosowanych w produkcji mączki rybnej z innych surowców.

Na podstawie wstępnych wyników prób technologicznych szacuje się, że wydajność procesu wytwarzania mączki z mieszanych odpadów z karpia będzie w warunkach przemysłowych wynosić około 21%.

3.2.2. Olej surowy z odpadów z karpia - metoda i warunki produkcji

Olej surowy będzie wytworzony w procesie produkcji mączki na bazie mieszanych odpadów z karpia. Jego właściwości fizykochemiczne powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-R-64806:1997P "Pasze - Tłuszcze paszowe" (tab. 13).

Istotną cechą jakościową oleju surowego z odpadów z karpia będzie skład kwasów tłuszczowych. Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań należy zakładać, że surowy olej uzyskany z odpadów z karpia będzie charakteryzował się wysoką zawartością (ok. 78%) nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz zawartością około 22% nasyconych kwasów tłuszczowych. Udział cennych ze względów żywieniowych wielonienasyconych kwasów z rodziny n-3 może sięgać 10%, a wielonienasyconych kwasów z rodziny n-6 ponad 13% (Łuczyńska i in. 2011).

Tabela 13. Właściwości fizykochemiczne surowych olejów według PN-R-64806:1997P

Lp.	Oznaczenie	Wartość
1.	Barwa w skali jodowej nie więcej niż (mg J ₂ /100 ml)	170
2.	Zawartość wody i substancji lotnych nie więcej niż (%)	1,5
3.	Zawartość azotu w przeliczeniu na białko, współczynnik 6,25, nie więcej niż (%)	0,2
4.	Substancje nierozpuszczalne w eterze naftowym nie więcej niż (%)	1,0
5.	Liczba kwasowa nie więcej niż (mg KOH/g oleju)	50
6.	Liczba nadtlenkowa nie więcej niż (mEq O ₂ /kg oleju)	20

Badania wykazały, że olej surowy z odpadów z karpia może zawierać witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, w tym witaminy A na poziomie około 10 µg/g, witaminy D - około 0,10 µg/g i witaminy E - około 60 µg/g. Podobnie jak inne oleje rybne, obecność witamin A, D i E w surowym oleju z odpadów karpia będzie miała korzystny wpływ na jego wartości odżywcze.

Ponadto olej surowy z odpadów z karpia będzie zawierać takie makroelementy, jak: wapń, fosfor i magnez oraz pierwiastki śladowe, w tym selen, jod, fluor, żelazo, miedź i inne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że surowy olej z mieszanych odpadów z karpia będzie wysokowartościowym półproduktem paszowym, którego dodatek może korzystnie wpłynąć na podwyższenie wartości energetycznej i odżywczej pasz roślinno-rybnych.

Olej surowy będzie otrzymywany z frakcji ciekłych oddzielonych z odpadów ugotowanych podczas wytwarzania mączki metodą dwustopniową. Oddzielona faza ciekła zostanie skierowana do wirówki dekantacyjnej w celu usunięcia silnie

rozproszonych składników białkowych. Dla uzyskania maksymalnie sklarowanej fazy ciekłej, odciek przed wirowaniem zostanie ogrzany do temperatury około 90°C. Następnie, ogrzany i pozbawiony zawieszin białkowych odciek będzie rozdzielony w wirówce separacyjnej na trzy frakcje: olejową, wodną i stałą (drobne części odpadów).

Ostateczne oczyszczenie oleju rybnego nastąpi w wirówce klaryfikującej. Podczas oczyszczania do wirówki będzie podawany strumień gorącej wody w celu usunięcia pozostałych, nieoddzielonych uprzednio zanieczyszczeń (Sikorski 1980). Oczyszczony surowy olej zostanie przekazany do magazynu, gdzie będzie przechowywany w zbiornikach zabezpieczonych przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

Na podstawie wyników wstępnych badań szacuje się, że wydajność procesu uzyskania w warunkach przemysłowych oleju surowego z mieszanych odpadów z karpi będzie wynosić nie mniej niż 10%.

Podsumowując przedstawione metody i zasady przetwarzania odpadów z karpi, należy oczekiwać, że ich zastosowanie w warunkach produkcyjnych umożliwi uzyskanie pełnowartościowych, o wysokich walorach odżywczych i sensorycznych, półproduktów paszowych, to jest mączki rybnej i surowego oleju.

3.3. Produkty paszowe

W krajowym przetwórstwie nie wytwarza się obecnie paszowych mieszanek roślinno-rybnych wyłącznie z odpadów z karpi. Mieszanki roślinno-rybne oprócz mączki rybnej zawierają surowce roślinne, takie jak: śruta zbożowa, otręby pszenne, śruta rzepakowa i sojowa oraz niektóre gatunki ziół. Istotnym dodatkiem są także tak zwane premiksy zawierające składniki witaminowo-mineralne (Grochowicz 1996).

W zależności od zawartości w mieszankach paszowych mączki rybne mogą stanowić w nich główne źródło białka i aminokwasów, ale również mogą być stosowane jako doskonałe uzupełnienie zawartości aminokwasów egzogennych w innym surowcu paszowym, podnosząc w ten sposób jego wartość pokarmową.

Zawartość białka w mieszankach paszowych może wynosić od 25% do 60%. Strawność białka oraz zawartość w nim aminokwasów egzogennych zależą w dużej mierze od składu surowcowego danej mieszanki paszowej.

Skład mieszanek paszowych może być uzupełniany tłuszczami, w tym również surowymi olejami rybnymi lub roślinnymi. Udział tłuszczu w mieszankach roślinno-rybnych może wynosić od 10% do 15%.

O wartości odżywczej mieszanek paszowych, roślinno-rybnych decydować będzie także zawartość składników mineralnych i witamin, których udział i skład zostanie dostosowany do potrzeb żywieniowych określonych gatunków zwierząt hodowlanych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy założono, że w ramach pracy zostaną wyprodukowane dwie roślinno-rybne mieszanki paszowe, przeznaczone dla określonych gatunków ryb hodowlanych, w których udział mączki z odpadów z karpi wyniesie 35% i 42%,

Biorąc pod uwagę właściwości fizykochemiczne i żywieniowe odpadów poprodukcyjnych z karpi, należy oczekiwać, że opracowane mieszanki paszowe będą charakteryzować się wysokimi walorami odżywczymi i energetycznymi, porównywalnymi z innymi, wytwarzanymi obecnie tego typu produktami.

3.3.1. Metody i warunki wytwarzania produktów paszowych

W pracy założono, że produkty paszowe, mieszanki roślinno-rybne na podstawie mączki z odpadów z karpi, będą wytworzone metodą ekstruzji.

Proces ekstruzji polega na termoplastycznym wytłaczaniu materiału poddanego uprzednio obróbce mechanicznej (Pijanowski i Dłużewski 2004). Ekstruzja dotyczy głównie przetwarzania surowców skrobiowych pod wpływem ciepła, w temperaturze 120 - 200°C, przy dużej wilgotności i w warunkach wysokiego ciśnienia (około 20 MPa). Zazwyczaj przyjmuje się, że w procesie ekstruzji, trwającym około 30 sekund, następuje wzrost temperatury od 120°C do 150°C. Temperatura 150°C jest najwyższą dopuszczalną w procesie ekstruzji, ponieważ wyższe temperatury powodują znaczne straty lizyny przyswajalnej oraz ubytki wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w wyższych temperaturach. Ze względu na podobieństwo stopnia przemian podstawowych składników podczas trwania obróbki termicznej, jak i zachowanie wartości odżywczych przetwarzanego surowca, proces ekstruzji zaliczany jest do technik HTST (ang. *high temperature short time*) (Wianecki 1999).

Zakłada się, że do produkcji mieszanek paszowych, roślinno-rybnych będą użyte komponenty rybne (mączka z odpadów z karpi), surowce roślinne oraz preparaty mineralno-witaminowe.

Ważnym, wstępnym etapem w procesie produkcji ekstrudowanych mieszanek paszowych jest dokładne rozdrobnienie poszczególnych składników. W innych przypadkach niezbędne jest rozdrabnianie (zmielenie) roślinnych w urządzeniu mielącym.

W przypadku stosowania tak zwanej suchej ekstruzji (z udziałem suchych składników), konieczne jest dodatkowe nawilżenie ich przed procesem ekstruzji. Zalecana zawartość wody w składnikach przeznaczonych do ekstruzji powinna mieścić się w przedziale 20 - 30%. Następnie rozdrobnione składniki suche wraz z dodatkami płynnymi lub składnikami „mokrymi” muszą zostać dokładnie wymieszane aż do uzyskania mieszanki jednorodnej pod względem struktury i składu chemicznego.

W czasie transportu przez cylinder ekstrudera surowiec jest poddawany (Mościcki i in. 2007):

- obróbce cieplnej - surowiec jest gotowany przez 30 do 60 sekund, w temperaturze wzrastającej od 100°C do maksymalnie 150°C, w zależności od jego właściwości. Obróbka cieplna powoduje wzrost strawności, a także zmianę cech sensorycznych składników rybnych i roślinnych wchodzących w skład mieszanek paszowych,
- sterylizacji i detoksykacji - wysoka temperatura i ciśnienie wytworzone w cylindrze ekstrudera niszczy chorobotwórcze mikroorganizmy, w tym bakterie *Salmonella*. Tak więc, podczas ekstruzji toksyny wytworzone przez mikroorganizmy ulegają inaktywacji, zniszczeniu lub redukcji do bezpiecznego poziomu,
- ekspandowaniu - w procesie ekstruzji materiał ulega ekspandowaniu (następuje gwałtowne rozprężenie uprzednio ogrzanego i będącego pod wysokim ciśnieniem materiału), którego skutkiem jest żelatynizacja skrobi oraz rozpad komórek tłuszczowych,
- mieszaniu składników, co przyczynia się do uzyskania w pełni homogennego produktu,
- odwadnianiu - od momentu opuszczenia cylindra ekstrudera, pod wpływem wysokiej temperatury następuje odparowanie około 50% wody zawartej w składnikach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego,

- inaktywacji enzymów - wysoka temperatura oraz ciśnienie podczas ekstruzji inaktywują szkodliwe enzymy, na przykład lipazy, które powodują i przyspieszają jęłczenie tłuszczu.

W wyniku ekstruzji następuje wzrost strawności białek, a także zwiększenie dostępności aminokwasów poprzez rozerwanie wiązań w cząsteczkach białkowych. Wysoka temperatura procesu ekstruzji, ze względu na krótki czas jego trwania, nie niszczy aminokwasów. Podczas ekstruzji mogą ulec denaturacji szkodliwe związki, na przykład inhibitor trypsyny.

Pod wpływem wysokiej temperatury i ciśnienia działającego na skrobię w czasie jej przemieszczenia się przez ekstruder, w czasie krótszym od 30 sekund ulega ona żelatynizacji. W momencie opuszczania tulei ekstrudera składniki skrobiowe poddawane są gwałtownemu spadkowi temperatury i ciśnienia, co powoduje ich natychmiastowe ekspandowanie. W końcowym efekcie przemiany te przyczyniają się do wzrostu strawności skrobi.

Ekstruzja oddziałuje także na tłuszcz zawarty w składnikach rybnych i roślinnych gdyż:

- w wyniku działania sił tarcia i ściskania następuje rozrywanie ścian komórek tłuszczowych, przez co zwiększa się dostępność tłuszczu w procesach trawienia oraz wzrasta wartość energetyczna produktów,
- gdy ekstruzja nasion oleistych prowadzona jest w obecności skrobi, tłuszcz i skrobia tworzą złożone kompleksy w stosunku 1:10,
- ulega poprawie stabilność i trwałość tłuszczu, ponieważ enzymy powodujące jęłczenie, np. lipazy, ulegają destrukcji cieplnej. Natomiast naturalne składniki stabilizujące tłuszcze, takie jak lecytyny i tokoferole, po procesie ekstruzji nadal pozostają w pełni aktywne. Proces jęłczenia tłuszczu wymaga oddziaływania wysokiej temperatury przez odpowiednio długi czas, podczas gdy ekstrudowany materiał jest poddawany działaniu wysokiej temperatury w stosunkowo krótkim czasie (Grochowicz 2001).

Materiały włókniste w cylindrze ekstrudera, zostają zmiażdżone i rozdrobnione, dzięki czemu wzrasta zawartość tak zwanego włókna strawnego.

Ekstruzja korzystnie wpływa na walory sensoryczne użytych składników roślinnych i rybnych, między innymi poprzez rozkład skrobi na proste komponenty (cukry), neutralizację lotnych, nieprzyjemnych składników smakowo-zapachowych oraz uzyskanie homogennej struktury produktu.

Podsumowując opracowane założenia technologiczne, można stwierdzić, że mieszanki paszowe roślinno-rybne wytworzone z mieszanych odpadów z karpia, pod względem wartości odżywczej i energetycznej a także walorów sensorycznych, powinny spełniać wszelkie wymagania dla tego typu produktów przeznaczonych do żywienia określonych gatunków ryb hodowlanych.

4. Technologie przetwarzania odpadów poprodukcyjnych z karpia

Jak już wspomniano, surowiec do przetwarzania na cele paszowe stanowią odpady miękkie i twarde wraz z kosztnymi pozostałościami po separacji jadalnego mięsa. Ze względów praktycznych i organizacyjno-technicznych przewiduje się, że twarde i miękkie odpady z karpia będą dostarczane do zakładu przetwórczego w postaci odpadów mieszanych. Zakłada się, że wytworzone z nich półprodukty paszowe - mączka i surowy olej - będą wykorzystane do produkcji roślinno-rybnych mieszanek paszowych, przeznaczonych dla hodowlanych pstrągów i sumów. Stosowanie

w żywieniu ryb nowoczesnych mieszanek paszowych pozwala na intensyfikację produkcji. Dostarczane są wówczas wszystkie niezbędne składniki, począwszy od odpowiedniej ilości białka, tłuszczu, makro- i mikroelementów, witamin, a skończywszy na stymulatorach wzrostu i innych dodatkach farmaceutycznych. Pełne zbilansowanie substancji żywieniowych obniża koszty produkcji poprzez zmniejszenie zużycia paszy (Błaziak 1989, Zawiślak 1996).

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że najkorzystniejszą metodą wytwarzania mieszanek paszowych, roślinno-rybnych, jest metoda ekstruzji (Adams 1993). Metoda ta zapewnia wysokie walory żywieniowe i sensoryczne mieszanek paszowych oraz niewielkie straty w procesie produkcji składników odżywczych zawartych w surowcach rybnych i roślinnych (Grochowicz 1998a, Grochowicz 1998b). Zakłada się, że próbne partie półproduktów i produktów paszowych zostaną wytworzone w warunkach przemysłowych w określonych zakładach przetwórczych wyposażonych zarówno w linie technologiczne do produkcji mączki rybnej, jak i pasz ekstrudowanych.

Ze względu na zróżnicowaną budowę anatomiczną oraz właściwości fizykochemiczne odpadów z karpia, zaprojektowane procesy technologiczne powinny zapewniać optymalne warunki ich przetwarzania z uwzględnieniem minimalizacji strat cennych składników odżywczych. Zasady te dotyczyć będą zarówno półproduktów, jak i produktów paszowych.

Decydujący wpływ na właściwości odżywcze i energetyczne oraz cechy sensoryczne nowego typu półproduktów i produktów paszowych będą miały jakość i stan świeżości odpadów poprodukcyjnych z karpia (rys. 23).



Rys. 23. Miękkie i twarde odpady uzyskane z karpia

Odpady będą pozyskiwane z karpia zakwalifikowanych do klasy jakościowej E, A lub B, zgodnie z wymaganiami klasyfikacyjnymi zawartymi w krajowej normie PN-A-86750:1996P "Ryby i inne zwierzęta wodne - Ryby słodkowodne świeże i mrożone". Wymagania jakościowe określono w tabeli 1 (rozdz. 2.1). Okres trwałości (przechowywania) odpadów z karpia ze względu na zachodzące w nich niekorzystne zmiany, omówione w rozdziałach 2.4.3.1 i 2.4.3.2, wynosi:

- odpadów miękkich przechowywanych w warunkach chłodniczych, w temperaturze 1 - 4°C, nie przekracza 4 dni, zaś odpadów twardych - 10 dni,
- odpadów miękkich przechowywanych w warunkach zamrażalniczych, w temperaturze poniżej -18°C, nie przekracza 6 miesięcy, zaś odpadów twardych - 8 miesięcy.

W przypadku przechowywania w warunkach chłodniczych lub zamrażalniczych mieszanych odpadów z karpi, należy przyjąć okresy trwałości jak dla odpadów miękkich.

O jakości i trwałości odpadów poprodukcyjnych z karpi, decydować będzie kilka czynników (Sikorski 1980), z których najważniejsze to:

- wyjściowa świeżość surowców rybnych i związany z tym ich stan mikrobiologiczny,
- rodzaj odpadów poprodukcyjnych - miękkie czy twarde, z ryb tłustych czy chudych, z ryb żerujących lub nieżerujących, o zróżnicowanej aktywności enzymatycznej,
- sposób i warunki przechowywania - w tym zakresie istotne są takie czynniki, jak temperatura, stan higieniczno-sanitarny powierzchni kontaktujących się z odpadami, zabezpieczenie przed szkodnikami, oddziaływaniem warunków atmosferycznych oraz zagrożeniami fizycznymi, chemicznymi i wtórnym skażeniem mikrobiologicznym,
- postępowanie z odpadami - manipulacje transportowo-przeładunkowe, warunki transportu od dostawcy do miejsca dalszego przetwarzania.

W warunkach produkcyjnych podstawowe znaczenie będą miały więc rozwiązania organizacyjne i technologiczno-techniczne, które zapewnią dostawy odpadów gwarantujących dobrą jakość wytwarzanych półproduktów i produktów. Rozwiązania te wymagają spełnienia zaleceń zawartych w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) odnośnie zastosowania najlepszych dostępnych technik (ang. BAT - Best Available Techniques). Przykładem praktycznego zastosowania zaleceń zawartych w tej Dyrektywie są zasady i metody postępowania z odpadami poprodukcyjnymi z przetwórstwa karpi z uwzględnieniem wymagań BAT, przedstawione w tab. 14.

Tabela 14. Zasady i metody postępowania z odpadami poprodukcyjnymi z karpi, uwzględniające wymagania BAT (ang. Best Available Techniques)

Lp.	Wymagania
1.	Odpady przeznaczone do dalszego przetwórstwa powinny być segregowane w miejscu przetwarzania i magazynowania oddzielnie, możliwie bez udziału wody.
2.	Odpady rybne stanowiące surowiec do przerobu powinny być transportowane w stanie możliwie suchym, w szczelnych opakowaniach lub kontenerach, bądź szczelnych pojazdach specjalistycznych.
3.	Podczas transportu odpadów w szczelnych opakowaniach lub kontenerach specjalistycznymi pojazdami powinny być spełnione następujące warunki: ograniczona emisja zapachu odpadów, utrzymywanie niskiej temperatury odpadów, zapobiegającej ich zepsuciu, minimalizacja zagrożenia zanieczyszczenia wtórnego odpadów, minimalizacja zagrożenia wystąpienia przestoju podczas transportu.
4.	Powierzchnie wewnętrzne cystern i pojemników do transportu odpadów, zbiorników i urządzeń technologicznych, jak również pomieszczeń produkcyjnych powinny umożliwiać odprowadzanie ścieków do kanalizacji, być odporne na środki chemiczne i dezynfekujące oraz łatwe do utrzymania w czystości.
5.	Należy zapewnić regularne mycie, czyszczenie i dezynfekcję urządzeń technologicznych, zbiorników, pomieszczeń oraz pojemników i pojazdów do transportu odpadów. Kontenery i pojemniki wielokrotnego użytku wykorzystywane do transportu odpadów powinny być myte i suszone po każdorazowym użyciu. Nie należy stosować tych samych pojemników do transportu różnego rodzaju odpadów.
6.	Należy używać do przerobu możliwie świeżego surowca o niskiej zawartości lotnych związków azotowych, bez oznak zepsucia. Jeżeli nie ma takiej możliwości, należy odpady schłodzić tak szybko, jak tylko jest to możliwe i przechowywać w pomieszczeniach lub zbiornikach schłodzonych. Należy możliwie skracać czas przechowywania odpadów.
7.	Współpraca z dostawcami w zakresie zapewnienia świeżości odpadów, krótkiego przechowywania u dostawców w pojemnikach lub pomieszczeniach chłodzonych i właściwej segregacji odpadów. Współpraca taka powinna stworzyć system gwarantujący właściwą jakość odpadów.
8.	Operacje rozładunku i magazynowanie odpadów powinny odbywać się na wydzielonym terenie z uszczelnioną nawierzchnią lub wydzielonym szczelnym magazynie.

Przedstawione w tabeli 14 zasady i metody postępowania z odpadami poprodukcyjnymi z karpi, z uwzględnieniem wymagań BAT, wskazują, że zapewnienie utrzymania dobrej ich jakości i przydatności technologicznej do dalszego przetwórstwa wymaga przestrzegania zasad organizacyjnych, technicznych i sanitarno-higienicznych co do ich magazynowania oraz operacji transportowo-przeładunkowych.

4.1. Wymagania jakościowe dla półproduktów i produktów paszowych wytworzonych z odpadów z karpi

W rozporządzeniu Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009, określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi oraz w sprawie wykonania dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach w myśl tej dyrektywy, w załączniku 1 zostały podane definicje półproduktów paszowych.

Zgodnie z tym rozporządzeniem „mączka rybna” oznacza przetworzone białko zwierzęce otrzymane ze zwierząt wodnych, z wyjątkiem ssaków morskich; natomiast

„olej z ryb” oznacza olej otrzymany w wyniku przetwarzania zwierząt wodnych lub przetwarzania ryb przeznaczonych do spożycia przez ludzi, który podmiot przeznaczył do celów innych niż spożycie przez ludzi.

Zgodnie z określeniami podanymi w PN-A-86770:1999P, termin „mączka rybna” oznacza produkt otrzymany z surowców rybnych ubocznych i odpadów rybnych przez rozdrobnienie, gotowanie, prasowanie, wirowanie, suszenie i ewentualnie odtłuszczenie. Natomiast „olej rybny” jest to tłuszcz uzyskany z surowców rybnych i surowców rybnych ubocznych.

Ustawa z dnia 22 lipca 2006 r. o paszach (art. 4) odnosi się między innymi do materiałów paszowych i mieszanek paszowych (Dz.U. 2006, nr 144, poz. 1045 z późn. zm.). Zgodnie z tą ustawą materiały paszowe są to przeznaczone w formie nieprzetworzonej lub przetworzonej do żywienia zwierząt albo do sporządzania mieszanek paszowych zawierających dodatki paszowe lub niezawierających tych dodatków, albo jako nośniki premiksów:

- a) produkty pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego występujące w stanie naturalnym, świeże lub konserwowane albo przetworzone,
- b) substancje organiczne inne niż wymienione w a),
- c) substancje nieorganiczne.

Według wspomnianej ustawy mieszanka paszowa jest to mieszanina materiałów paszowych zawierająca dodatki paszowe lub premiksy albo niezawierająca tych dodatków lub premiksów, przeznaczona do stosowania w żywieniu zwierząt w formie mieszanki paszowej pełnoporcjowej albo mieszanki paszowej uzupełniającej.

Mieszanka paszowa pełnoporcjowa jest to mieszanka paszowa przeznaczona do bezpośredniego żywienia zwierząt, o składzie zapewniającym taką ilość składników pokarmowych, która jest niezbędna do zaspokojenia dziennych potrzeb żywieniowych zwierząt danego gatunku, w określonym wieku lub użytkowanych w określony sposób (Ustawa z dnia 22 lipca 2006 r. o paszach).

Na podstawie przytoczonych wyżej określeń i definicji można stwierdzić, że opracowywane półprodukty paszowe (mączka i olej rybny) oraz produkty (mieszanki paszowe) z odpadów z karpia, od strony formalnej, będą zgodne z obowiązującymi przepisami prawnymi.

Cechy sensoryczne, właściwości fizykochemiczne, walory odżywcze półproduktów paszowych (mączka i olej rybny) z odpadów z karpia będą ściśle zależać od zastosowanej metody ich wytwarzania. W założeniach przyjęto, że mączka będzie wytworzona metodą dwustopniową. Właściwości fizykochemiczne i sensoryczne wytworzonej mączki odpowiadać będą ogólnym wymaganiom normy przedmiotowej PN-A-86852:1994P "Surowce i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna".

Postać, struktura, cechy sensoryczne, właściwości fizykochemiczne, walory odżywcze mieszanek paszowych, roślinno-rybnych, z określonymi udziałami mączki z odpadów z karpia, będą zależały głównie od zastosowanych parametrów procesu ekstruzji.

Z danych literaturowych wynika, że na pokrycie potrzeb energetycznych ryby zużywają w pierwszej kolejności tłuszcze, a później białka. Natomiast udział węglowodanów w ich bilansie energetycznym jest niewielki. Pasze dla ryb powinny zawierać do 55% białka ogólnego. Ilościowa zawartość białka w paszy nie zawsze zapewnia odpowiedni wzrost ryb. Istotną rolę odgrywa bowiem jego wartość biologiczna, o której decyduje poziom aminokwasów egzogennych, w tym histydyny, lizyny, leucyny, metioniny i tryptofanu (Grochowicz 2001).

Poziom tłuszczu w paszach dla ryb może sięgać do 30% suchej masy, jednakże, gdy uwzględnimy ich wymagania energetyczne wartość ta będzie niższa. Lipidy pozwalają na bardziej ekonomiczne zużycie białka, a ponadto stanowią źródło egzogennych kwasów tłuszczowych (głównie linolowego i linolenowego), witamin (A, D, E i K) oraz lecytyny. Stosowany najczęściej poziom tłuszczu w suchych dietach ryb waha się w granicach 12 - 20%, przy czym w paszach karpowych wynosi 12 - 15%, a pstrągowych 17 - 20% (Filipiak 1997).

Oprócz składników pokarmowych do normalnego rozwoju ryb niezbędne są także witaminy i sole mineralne. Dotychczasowe ustalenia zapotrzebowania ryb na niektóre witaminy i sole mineralne, ze względu na trudności metodyczne, nie są rozstrzygające. Natomiast poziom tych składników stosowany w paszach produkowanych daje na ogół pozytywne wyniki.

Mieszanki paszowe dla ryb powinny charakteryzować się odpowiednim składem chemicznym, zabezpieczającym ich zapotrzebowanie na:

- składniki budulcowe (białko, sole mineralne),
- energię strawną,
- związki o właściwościach biostymulujących takie, jak witaminy i makroelementy.

Mieszanki paszowe dla ryb muszą odznaczać się pewnymi cechami fizycznymi, które określa specyfika środowiska wodnego (Przybył 1997), a mianowicie:

- odpowiednią stabilnością w wodzie,
- gęstością cząstek paszy (ciężar właściwy), która decyduje o ich pływalności lub zatapialności,
- właściwie dobraną charakterystyką granulometryczną, zapewniającą optymalny rozdział paszy oraz niską zawartością części pylistych, które wpływają na efektywność żywieniową i zanieczyszczenie środowiska wodnego.

Dobra pasza musi nie tylko zapewnić rybam odpowiednio szybki wzrost, ale także gwarantować niskie koszty i jednocześnie uwzględniać wymogi ochrony środowiska. Na przykład w Danii dla pasz pstrągowych wymagana jest zawartość energii całkowitej min. 3500 kcal, strawność min. 78%, zawartość fosforu maks. 0,9% i zawartość azotu maks. 9% (Steffens 1986).

W pracach nad składem mieszanek paszowych dla pstrągów i sumów wykorzystano dostępne dane literaturowe, a także informacje uzyskane od krajowych producentów mieszanek paszowych dla ryb hodowlanych.

4.2. Podstawowe założenia technologiczne

Na podstawie wyników prób technologicznych, analizy dostępnych danych literaturowych oraz informacji uzyskanych od krajowych producentów mieszanek paszowych dla ryb hodowlanych, przyjęto następujące założenia technologiczne dla półproduktów i produktów paszowych wytworzonych z odpadów poprodukcyjnych z karpia:

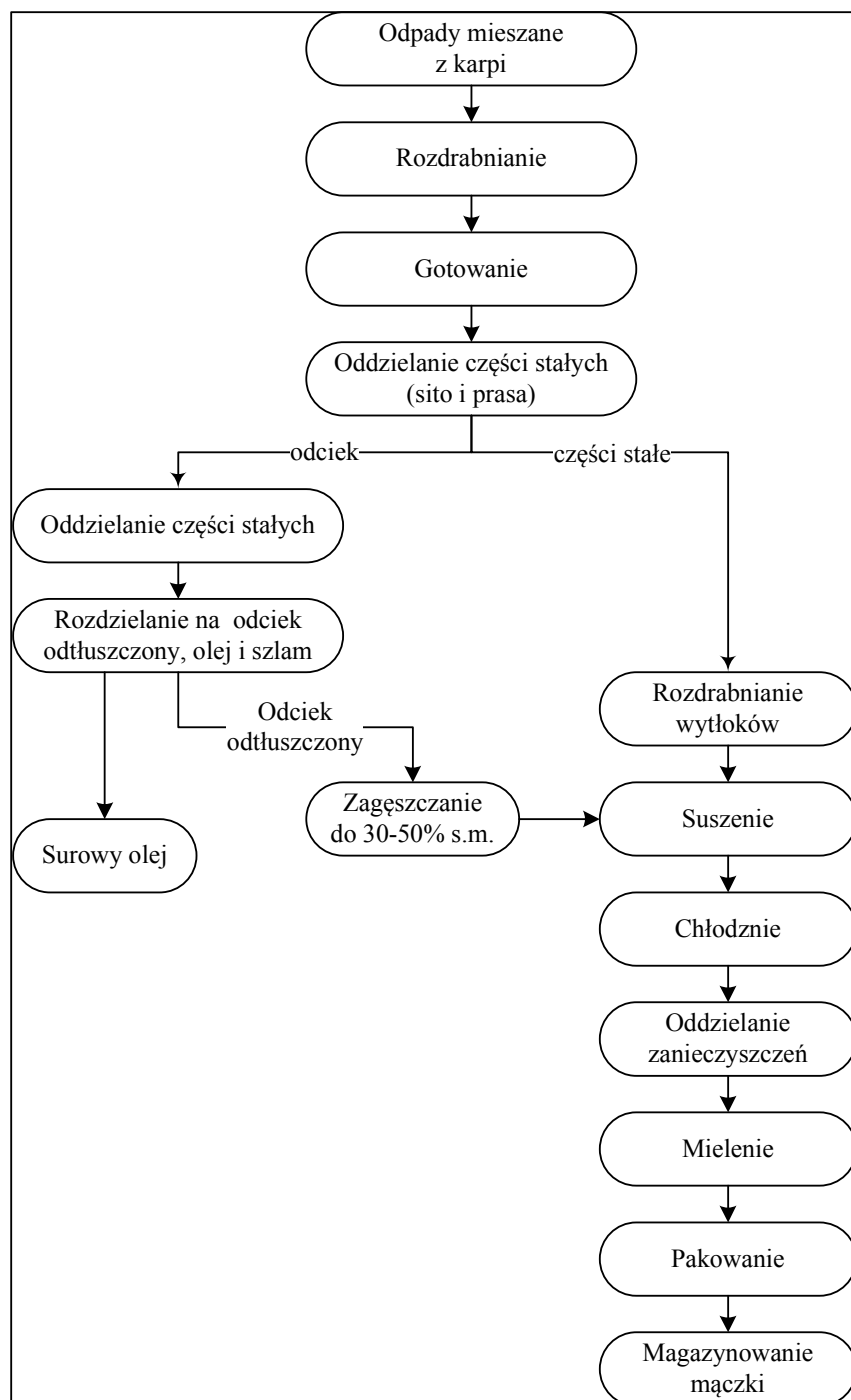
- próbne partie półproduktów i produktów paszowych z odpadów z karpia zostaną wykonane w zakładach przetwórczych, z wykorzystaniem eksploatowanych linii technologicznych,
- surowcem do wytwarzania nowych półproduktów i produktów paszowych będą odpady mieszane (twarde i miękkie) uzyskane po obróbce wstępnej całych karpia do postaci filetów,

- skład chemiczny odpadów z karpi będzie zróżnicowany w zależności od ich rodzaju; z tego względu udział wody mieścić się będzie w przedziale 60 - 70%, białka - 10 - 15%, tłuszczu - 10 - 25%,
- mączka oraz surowy olej będą wytworzone metodą dwustopniową z odpadów mieszanych,
- właściwości fizykochemiczne i sensoryczne wytworzonej mączki odpowiadać będą ogólnym wymaganiom zawartym w normie przedmiotowej PN-A-86852:1994P "Surowce i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna",
- mączka z mieszanych odpadów z karpi będzie zawierać ponad 50% białka, poniżej 15% tłuszczu, poniżej 10% wody, a zawartość chlorku sodu nie przekroczy 1%,
- surowy olej z odpadów z karpi zawierać będzie poniżej 0,2% wody oraz poniżej 0,2% azotu w przeliczeniu na białko;
- z otrzymanego półproduktu (mączki rybnej) zostaną wykonane próbne partie produktów paszowych, ekstrudowanych mieszanek roślinno-rybnych, przeznaczonych dla określonych gatunków ryb hodowlanych (pstrągów i sumów),
- udział mączki z odpadów z karpi w mieszance paszowej przeznaczonej dla pstrągów wyniesie 42%, zaś w mieszance paszowej dla sumów - 35%,
- roślinno-rybna mieszanka paszowa dla pstrągów będzie zawierała powyżej 40% białka, poniżej 15% tłuszczu, powyżej 20% węglowodanów,
- roślinno-rybna mieszanka paszowa dla sumów będzie zawierała poniżej 40% białka, powyżej 10% tłuszczu, powyżej 30% węglowodanów.

Na podstawie przyjętych założeń technologicznych zaprojektowano i opracowano technologie wytwarzania półproduktów i produktów paszowych w zakładach przetwórczych, z wykorzystaniem aktualnie eksploatowanych w nich linii produkcyjnych.

4.3. Technologiczny proces wytwarzania półproduktów paszowych

Schemat technologiczny procesu produkcji mączki oraz surowego oleju rybnego metodą dwustopniową przedstawiono na rysunku 24.



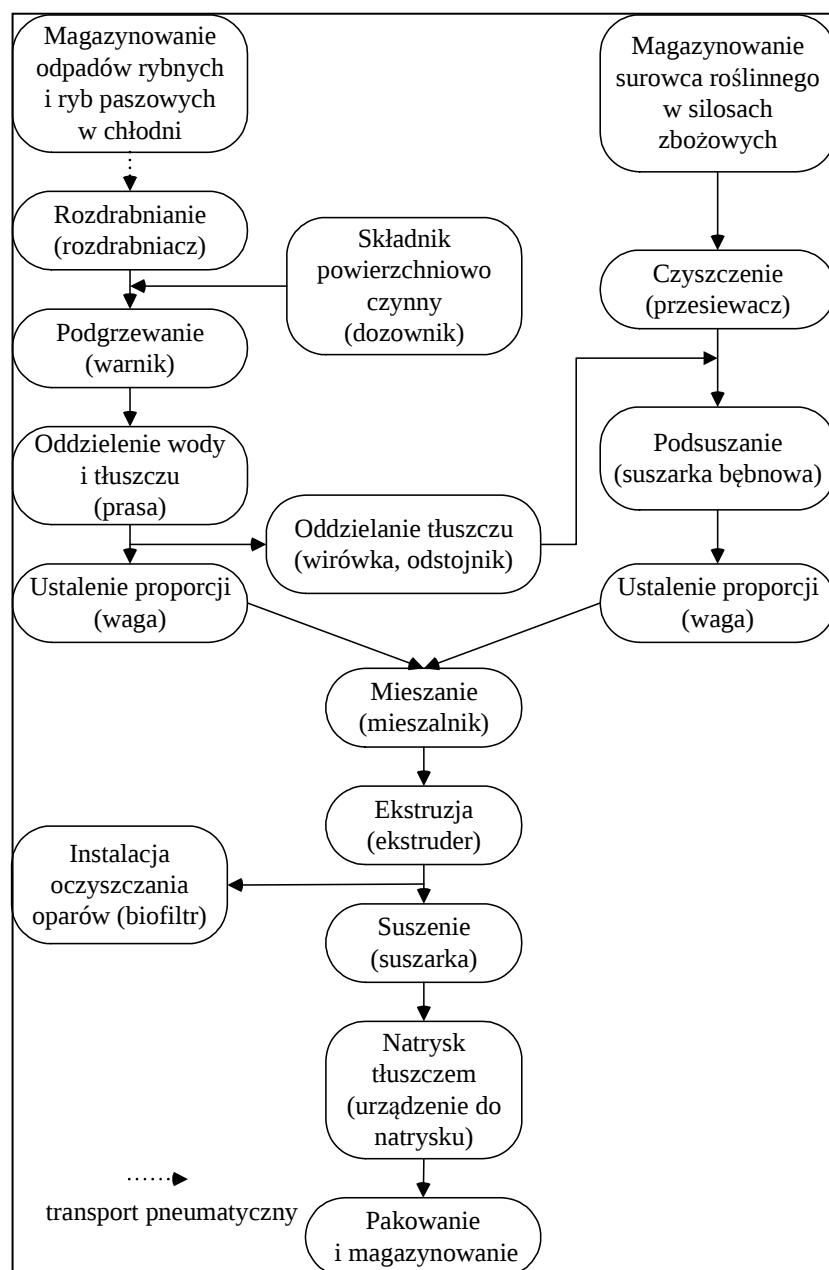
Rys. 24. Schemat technologiczny procesu produkcji mączki oraz surowego oleju rybnego metodą dwustopniową

Jak już wspomniano, wyposażenie linii technologicznych do produkcji zarówno mączki, jak i oleju z odpadów z karpia nie będzie się różniło od obecnie stosowanych w krajowych wytwórniach mączki rybnej.

4.4. Technologiczny proces wytwarzania produktów paszowych

Zgodnie z przyjętymi założeniami proces wytwarzania produktów paszowych - mieszanek roślinno-rybnych na podstawie mączki rybnej - prowadzony będzie metodą ekstruzji w zakładzie produkcji mieszanek paszowych z wykorzystaniem eksploatowanych w nim instalacji, maszyn i urządzeń. Parametry wytwarzania ekstrudowanych roślinno-rybnych mieszanek paszowych będą dostosowywane do specyficznych wymagań dla pasz przeznaczonych do żywienia określonych gatunków ryb.

Na rysunku 25 przedstawiono schemat technologiczny procesu produkcji ekstrudowanych mieszanek paszowych w warunkach przemysłowych. Główną operacją tego procesu jest ekstruzja. Uwzględniając specyficzne właściwości surowców rybnych, ustalono, że proces ekstruzji będzie trwać około 30 sekund, w tym czasie temperatura surowca wzrośnie do około 120 - 150°C. Temperatura procesu nie powinna przekraczać 150°C, ze względu na znaczne straty lizyny przyswajalnej oraz ubytki wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w wyższych temperaturach. W wyniku ekstruzji zostaną uzyskane mieszanki paszowe w postaci granulek o tej samej lub zbliżonej wielkości.



Rys. 25. Schemat technologiczny procesu wytwarzania roślinno-rybnych ekstrudowanych mieszanek paszowych, z mączki z odpadów z karpia

Na podstawie dostępnych danych literaturowych oraz analizy warunków technologiczno-technicznych zakładu przetwórczego oszacowano, że wydajność procesu wytwarzania roślinno-rybnych ekstrudowanych mieszanek paszowych będzie wynosiła około 90%.

Istnieje również możliwość wytwarzania roślinno-rybnych ekstrudowanych mieszanek paszowych z odpadów z karpi metodą ekstruzji mokrej (Akdogan 1999). W metodzie tej jako komponent rybny wykorzystywane są odpady rybne, nieprzetworzone do postaci mączki (Dutkiewicz i Dowgiałło 2005).

5. Wpływ rodzaju odpadów na jakość mączki wytworzonej w warunkach laboratoryjnych

Ponieważ podstawowy skład chemiczny poszczególnych rodzajów odpadów po filetowaniu karpi jest zróżnicowany (por. tab. 2, 3 i 5, 6, 7), właściwości fizykochemiczne oraz określone cechy sensoryczne uzyskiwanej mączki także będą zależały będą od ich udziału w ogólnej masie odpadów (Borgstrom 1962). W warunkach laboratoryjnych wytworzono próbne partie mączek z różnych rodzajów odpadów pochodzących z karpi. Surowcami do prób były określone rodzaje odpadów twardych i miękkich, w postaci całej lub rozdrobnionej, uzyskane po ręcznym filetowaniu karpi. Ponadto jako surowca użyto także rozdrobnionych odpadów mieszanych (twardych i miękkich) w proporcji wynikającej z ich naturalnego udziału w karpach. Mączki wytworzono wykorzystując dostępną aparaturę i urządzenia laboratoryjne.

Wytworzenie mączki w warunkach laboratoryjnych wymagało następujących czynności i operacji:

- pozyskania odpadów miękkich i twardych po filetowaniu całych karpi,
- odzyskania jadalnego mięsa (MOM) z kręgosłupów karpi,
- wstępnego rozdrobnienia odpadów twardych (głowy, kręgosłupy),
- gotowania rozdrobnionych i/lub całych odpadów z karpi,
- rozdrobnienia odpadów twardych (głowy, kręgosłupy) gotowanych w całości,
- rozdzielania na sicie frakcji stałej od ciekłej z rozgotowanej masy odpadów z karpi metodą odciekania pod naciskiem,
- suszenia frakcji stałej i płynnej,
- dwuetapowego mielenia mączki rybnej.

Próby laboratoryjne umożliwiły sprawdzenie technologicznych możliwości i uwarunkowań związanych z wytwarzaniem mączek z wybranych rodzajów odpadów. Szczególnie istotne było określenie optymalnego czasu gotowania i suszenia (tab. 15).

Tabela 15. Czasy gotowania i suszenia ustalone dla wybranych rodzajów odpadów z karpi

Lp.	Rodzaj odpadów	Gotowanie	Suszenie
		czas (min)	czas (godz.)
1.	Całe kręgosłupy filetowaniu karpi	60	15
2.	Rozdrobnione wstępnie kręgosłupy po filetowaniu karpi	40	14
3.	Całe głowy karpi	65	18
4.	Rozdrobnione wstępnie głowy karpi	45	17
5.	Wnętrznosci	15	9
6.	Płaty brzuszne z płetwami	30	10
7.	Odpady mieszane (twarde i miękkie)	45	12

Z danych w tabeli 15 wynika, że czas gotowania odpadów z karpi w temperaturze 100°C przy ciśnieniu 0,8 bara, jak i czas suszenia gotowanych odpadów w temperaturze 100±2°C, po oddzieleniu frakcji ciekłej białkowo-tłuszczowej, były bardzo zróżnicowane i zależały zarówno od rodzaju odpadów, jak i ich postaci (całe lub rozdrobnione).

Rozdrobnienie wstępne odpadów z karpi miało korzystny wpływ na skrócenie czasu gotowania i suszenia odpadów. Wstępne rozdrobnienie głów karpi skróciło czas gotowania z 65 minut do 45 minut, zaś czas suszenia z 18 godzin do 17 godzin. Czas gotowania rozdrobnionych mieszanych odpadów z karpi wyniósł 45 minut, a suszenia - 12 godzin.

Wyniki wydajności wytwarzania mączek w warunkach laboratoryjnych przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16. Wydajność procesu wytwarzania w warunkach laboratoryjnych mączki z różnych odpadów po filetowaniu karpi

Lp.	Rodzaj odpadów	Wydajność procesu (%)		
		Mączka	Frakcja ciekła zagęszczona	Ubytki
1.	Całe kręgosłupy po filetowaniu karpi	26,2	7,6	66,2
2.	Rozdrobnione wstępnie kręgosłupy po filetowaniu karpi	23,7	11,5	64,8
3.	Całe głowy karpi	22,0	4,7	73,3
4.	Rozdrobnione wstępnie głowy karpi	19,0	8,8	72,2
5.	Wnętrza	15,1	8,2	76,7
6.	Płaty brzuszne z płetwami	18,4	8,7	72,9
7.	Odpady mieszane (twarde i miękkie)	23,8	5,3	70,9

Okazało się, że również wydajność wytwarzania mączki w istotny sposób zależała od rodzaju i postaci odpadów (całe lub rozdrobnione).

Oceniono jakość sensoryczną prób mączek oraz określono ich właściwości fizykochemiczne.

5.1. Oceny jakości i właściwości fizykochemicznych mączek wytworzonych w warunkach laboratoryjnych z odpadów poprodukcyjnych z karpi

Próby mączek z różnych odpadów z karpi zapakowano do jednostkowych opakowań z folii polietylenowej. Zgodnie z wymaganiami przedmiotowej normy PN-A-86852:1994P "Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna", próby mączek przechowywano w dobrze wietrzonej pomieszczeniu, zabezpieczonym przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych, w temperaturze 18 - 20°C.

Oceniono, zgodnie z wymaganiami normy PN-A-86852:1994P, jakość sensoryczną i oznaczono wybrane wskaźniki fizykochemiczne prób mączek przechowywanych w normatywnych warunkach.

5.1.1. Ocena jakości sensorycznej

Do oceny jakości sensorycznej półproduktów paszowych wykorzystano zmodyfikowaną skalę ocen produktów żywnościowych, opracowaną przez D. Tilgnera (Barylko-Pikielna i Matuszewska 2009, Gawęcka i Jędryka 2001).

Na podstawie ocen poszczególnych wyróżników przyznawano punktową ocenę ogólną jakości sensorycznej w skali od 1 punktu (dyskwalifikująca) do 5 punktów (bardzo dobra).

Oceniając jakość sensoryczną mączek z odpadów z karpia, uwzględniano następujące wyróżniki:

- wygląd ogólny (struktura, postać),
- barwę,
- zapach,
- teksturę (konsystencję),
- obecność zanieczyszczeń fizycznych,
- ocenę ogólną.

Jakość sensoryczną prób mączek, pokazanych na rysunku 26, przeprowadzał 6-osobowy zespół metodą opisową w odniesieniu do określonych wyróżników sensorycznych.



Rys. 26. Próbkę mączek wytworzonych w warunkach laboratoryjnych z: 1 - wnętrzości, 2 - rozdrobnionych wstępnie kręgosłupów, 3 - całych kręgosłupów, 4 - rozdrobnionych wstępnie głów, 5 - całych głów, 6 - płatów brzusznych z płetwami, 7 - rozdrobnionych odpadów mieszanych

Wyniki oceny zawarto w tabelach 17, 18 i 19.

Tabela 17. Ocena jakości sensorycznej mączek wytworzonych z całych i rozdrobnionych wstępnie kręgosłupów karpia

Lp.	Cecha	Mączka z kręgosłupów karpia	
		Kręgosłupy całe	Kręgosłupy wstępnie rozdrobnione
1.	Wygląd ogólny	ziarnista, wilgotna pasta	sypki, ziarnisty niejednorodny proszek
2.	Barwa	jasna, beżowa z odcieniem szarości	jasna, beżowo-brązowa
3.	Zapach	nietypowy, mało intensywny	swoisty, mało intensywny
4.	Konsystencja	miękka, tłustawa, wilgotna	sypka, sucha
5.	Zanieczyszczenia fizyczne	nie stwierdzono	nie stwierdzono
6.	Ocena ogólna jakości	dostateczna (3,0 pkt.)	dobra (4,0 pkt.)

Tabela 18. Ocena jakości sensorycznej mączek wytworzonych z głów karpia

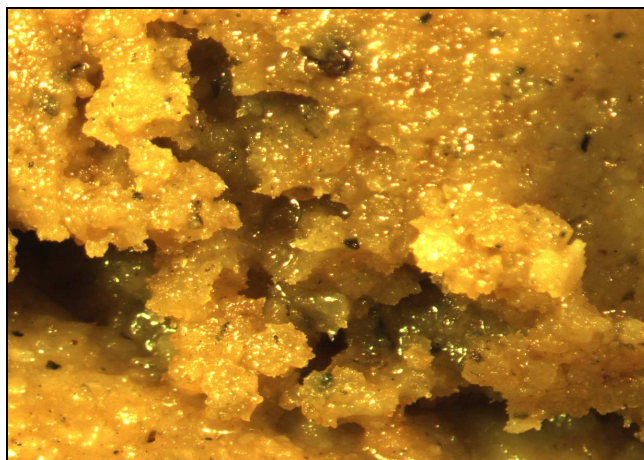
Lp.	Cecha	Mączka z odpadów z karpia	
		Głowy całe	Głowy rozdrobnione
1.	Wygląd ogólny	ziarnista, wilgotna, tłusta pasta	sypki, lekko zbrylający się, niejednorodny proszek
2.	Barwa	brązowo-szara	ciemno-brązowa
3.	Zapach	nietypowy, mało intensywny	charakterystyczny, mało intensywny
4.	Konsystencja	miękka, dość tłusta, wilgotna	twarda, lekko wilgotna
5.	Zanieczyszczenia	nie stwierdzono	nie stwierdzono
6.	Ocena ogólna jakości	niedostateczna (2,0 pkt.)	dobra (4,0 pkt.)

Tabela 19. Ocena jakości sensorycznej mączek wytworzonych z różnych rodzajów odpadów poprodukcyjnych z karpia

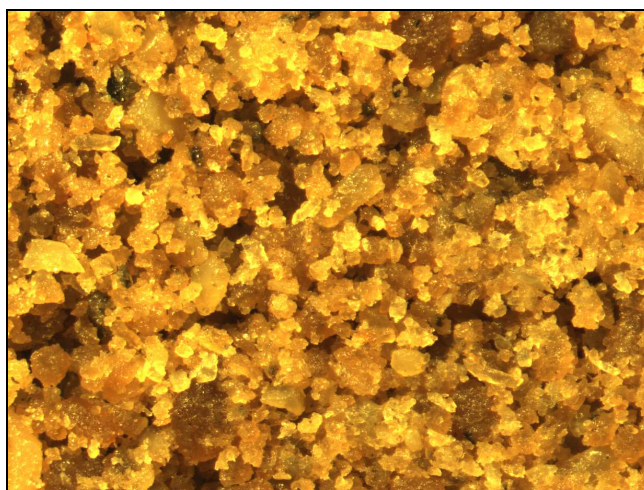
Lp.	Cecha	Mączka z odpadów z karpia		
		Wnętrznosci	Płaty brzuszne z płetwami	Odpady mieszane
1.	Wygląd ogólny	Sypki, niejednorodny proszek i granulki)	Sypki, niejednorodny proszek	Sypki, zbrylający się, niejednorodny proszek
2.	Barwa	Ciemno-brązowa	Jasna, beżowo-brązowa	Brązowa
3.	Zapach	Nietypowy, nieswoisty, mało intensywny	Nietypowy, mało intensywny	Swoisty dla mączki rybnej, dość intensywny
4.	Tekstura	Lekko wilgotna, twardawa	Lekko wilgotna, suchawa	Suchawa, lekko wilgotna
5.	Zanieczyszczenia fizyczne	Nie stwierdzono	Nie stwierdzono	Nie stwierdzono
6.	Ocena ogólna jakości	Dość dobra (3,5 pkt.)	Dobra (4,0 pkt.)	Dobra (4,0 pkt.)

Oceny wykazały, że próby mączek w zakresie poszczególnych wyróżników sensorycznych znacznie się różniły. Największe różnice dotyczyły wyglądu ogólnego i konsystencji próbek.

Mączka z całych kręgosłupów karpia była lekko ziarnistą, gęstą pastą o wilgotnej, tłustej konsystencji, podczas gdy mączka z rozdrobnionych wstępnie kręgosłupów karpia była sypkim proszkiem o zróżnicowanej wielkości granulach i sypkiej, suchawej konsystencji. Różnice w strukturze obu prób mączek z kręgosłupów karpia obrazują zdjęcia z mikroskopu stereoskopowego wykonane z 5-krotnym powiększeniem i polu widzenia wynoszącym 11 mm² (rys. rys. 27 i 28). Ze względu na różnice jakościowe, zwłaszcza tekstury, mączka z rozdrobnionych wstępnie kręgosłupów uzyskała ocenę dobrą (4 pkt.), a mączka z całych kręgosłupów - ocenę dostateczną (3 pkt.).



Rys. 27. Struktura mączki z całych kręgosłupów karpia (powiększenie x5)



Rys. 28. Struktura mączki z rozdrobnionych wstępnie kręgosłupów karpia (powiększenie x5)

Mączka z całych głów karpia (rys. 29) była ziarnistą pastą o wilgotnej, tłustej konsystencji, podczas gdy mączka z rozdrobnionych wstępnie głów karpia (rys. 30) była sypkim proszkiem o zróżnicowanej wielkości granulkach i lekko wilgotnej konsystencji. Ze względu na istotne różnice jakościowe, zwłaszcza postaci i konsystencji, mączka z rozdrobnionych wstępnie głów uzyskała ocenę dobrą (4 pkt.), podczas gdy mączka z całych głów - ocenę niedostateczną (2 pkt.).



Rys. 29. Struktura cząstek mączki z całych głów karpi (powiększenie x5)



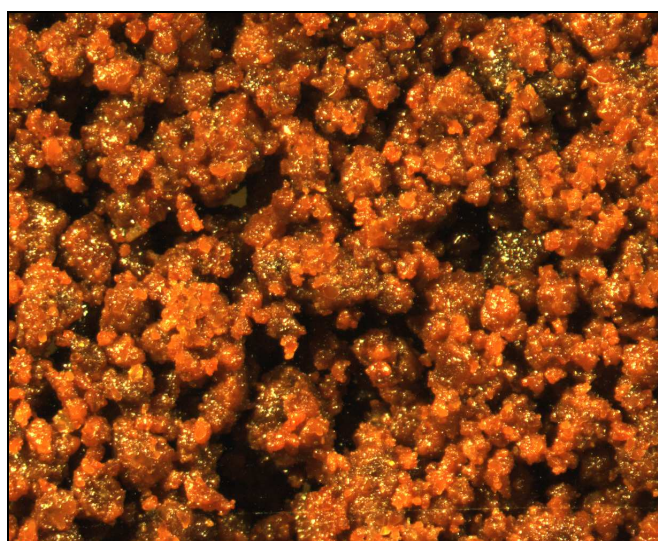
Rys. 30. Struktura cząstek mączki z rozdrobnionych wstępnie głów karpi (powiększenie x5)

Mączka wytworzona z wnętrzości karpi była sypkim proszkiem, składającym się ze zróżnicowanych wielkościowo granulek o barwie ciemnobrązowej, twardej i lekko wilgotnej teksturze. Strukturę cząstek mączki przedstawia zdjęcie z mikroskopu stereoskopowego wykonane z 5-krotnym powiększeniem i polu widzenia wynoszącym 11 mm² (rys. 31). Ogólna ocena jakości sensorycznej mączki z wnętrzości karpi była na poziomie dość dobrym (3,5 pkt.).

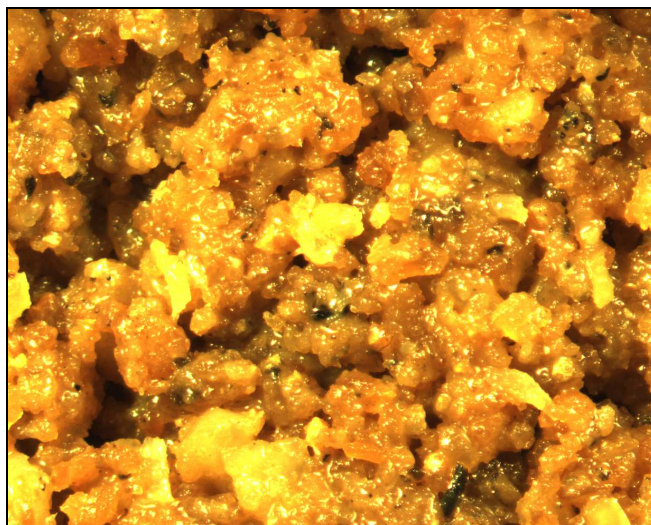
Mączka z płatów brzusznych z płetwami była sypkim, niejednorodnym proszkiem, z tendencją do zbrylania, o barwie jasnobrązowej i suchawej, lekko wilgotnej teksturze.

Cząstki mączki w 5-krotnym powiększeniu przedstawia rysunek 32. Ogólna ocena jakości sensorycznej mączki z płatów brzusznych z płetwami kształtowała się na poziomie dobrym (4 pkt.).

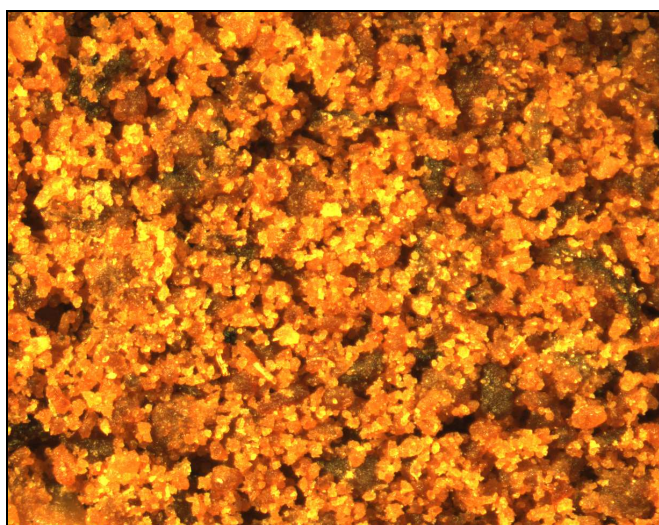
Mączka wytworzona z rozdrobnionych odpadów mieszanych (twardych i miękkich) była sypkim, zbrylającym się, niejednorodnym proszkiem, o barwie brązowej i suchej, wilgotnej teksturze. Cząstki mączki w 5-krotnym powiększeniu przedstawia rysunek 33. Ogólna ocena jakości sensorycznej mączki z rozdrobnionych odpadów mieszanych (twardych i miękkich) była na poziomie dobrym (4 pkt.).



Rys. 31. Struktura cząstek mączki z wnętrza karpia
(powiększenie x5)



Rys. 32. Struktura cząstek mączki z płatów brzusznych karpia z płetwami (powiększenie x5)



Rys. 33. Struktura cząstek mączki z mieszanych, rozdrobnionych odpadów z karpia (powiększenie x5)

Podsumowując oceny mączek z odpadów poprodukcyjnych z karpia należy stwierdzić, że ich jakość sensoryczna zależała od rodzaju odpadów (twarde, miękkie) i ich postaci (całe, rozdrobnione). Najwyżej oceniono mączki wytworzone z rozdrobnionych wstępnie odpadów twardych i miękkich oraz z odpadów mieszanych. Produkty te pod względem jakości sensorycznej odpowiadały standardom przyjętym dla typowych mączek rybnych. Na znacznie niższym poziomie oceniono jakość mączek wytworzonych z nierozdrobnionych wstępnie odpadów twardych (kręgosłupów i głów).

Miały one strukturę ziarnistej pasty o wilgotnej, tłustej konsystencji, nieodpowiadającej standardom przyjętym dla mączek rybnych.

5.1.2. Podstawowy skład chemiczny mączek wytworzonych w warunkach laboratoryjnych

W tabelach 20 - 24 przedstawiono podstawowy skład chemiczny poszczególnych odpadów z karpi i wytworzonych z nich mączek.

Tabela 20. Podstawowy skład chemiczny kręgosłupów z karpi i wytworzonych z nich mączek

Składnik	Zawartość (%)		
	Surowe kręgosłupy karpia	Mączka z kręgosłupów całych	Mączka z kręgosłupów rozdrobnionych
Woda	63,9 ± 0,4	4,6 ± 0,0	9,2 ± 0,1
Białko (N·6,25)	13,6 ± 0,2	34,8 ± 0,3	43,5 ± 0,6
Tłuszcz	16,9 ± 0,2	45,8 ± 0,3	29,7 ± 0,1
Popiół	5,6 ± 0,0	14,8 ± 0,1	17,6 ± 0,2

Tabela 21. Podstawowy skład chemiczny głów karpi i wytworzonych z nich mączek

Składnik	Zawartość (%)		
	Surowe głowy karpia	Mączka z głów całych	Mączka z głów rozdrobnionych
Woda	67,2 ± 0,8	4,7 ± 0,0	4,6 ± 0,1
Białko (N·6,25)	13,5 ± 0,1	35,8 ± 0,1	38,1 ± 0,4
Tłuszcz	13,0 ± 0,3	43,6 ± 0,3	35,0 ± 0,3
Popiół	6,3 ± 0,1	15,7 ± 0,3	22,4 ± 0,1

Tabela 22. Podstawowy skład chemiczny wnętrzości karpia i wytworzonej z nich mączki

Składnik	Zawartość (%)	
	Surowe wnętrzości	Mączka z wnętrzości
Woda	68,6 ± 0,2	4,5 ± 0,0
Białko (N·6,25)	13,3 ± 0,2	46,4 ± 0,2
Tłuszcz	16,8 ± 0,4	43,2 ± 0,3
Popiół	1,6 ± 0,0	5,9 ± 0,2

Tabela 23. Podstawowy skład chemiczny płatów brzusznych z płetwami i wytworzonej z nich mączki

Składnik	Zawartość (%)	
	Surowe płaty brzuszne z płetwami	Mączka z płatów brzusznych z płetwami
Woda	60,2 ± 0,1	2,1 ± 0,0
Białko (N·6,25)	14,1 ± 0,0	45,7 ± 0,4
Tłuszcz	23,9 ± 0,4	36,5 ± 0,2
Popiół	1,7 ± 0,0	15,6 ± 0,1

Tabela 24. Podstawowy skład chemiczny odpadów mieszanych i wytworzonej z nich mączki

Składnik	Zawartość (%)	
	Surowe odpady mieszane	Mączka z odpadów mieszanych
Woda	68,2 ± 0,6	12,6 ± 0,2
Białko (N·6,25)	11,3 ± 0,1	36,1 ± 0,5
Tłuszcz	15,6 ± 0,7	38,6 ± 0,3
Popiół	4,4 ± 0,2	12,7 ± 0,3

Skład chemiczny wytworzonych w warunkach laboratoryjnych mączek zależał od rodzaju użytych odpadów (twarde lub miękkie) i ich postaci (całe lub rozdrobnione). Zawartość wody mieściła się w przedziale od 2,1% w mączce z pasów brzusznych z płetwami do 12,6% w mączce z odpadów mieszanych, zawartość białka (N · 6,25) wynosiła od 34,8% w mączce z kręgosłupów całych do 46,6% w mączce z wnętrzości karpi, zawartość tłuszczu mieściła się w przedziale od 29,7% w mączce z kręgosłupów rozdrobnionych do 45,8% w mączce z kręgosłupów rozdrobnionych oraz popiołu - od 5,9% w mączce z wnętrzości do 22,4% w mączce z rozdrobnionych głów karpi.

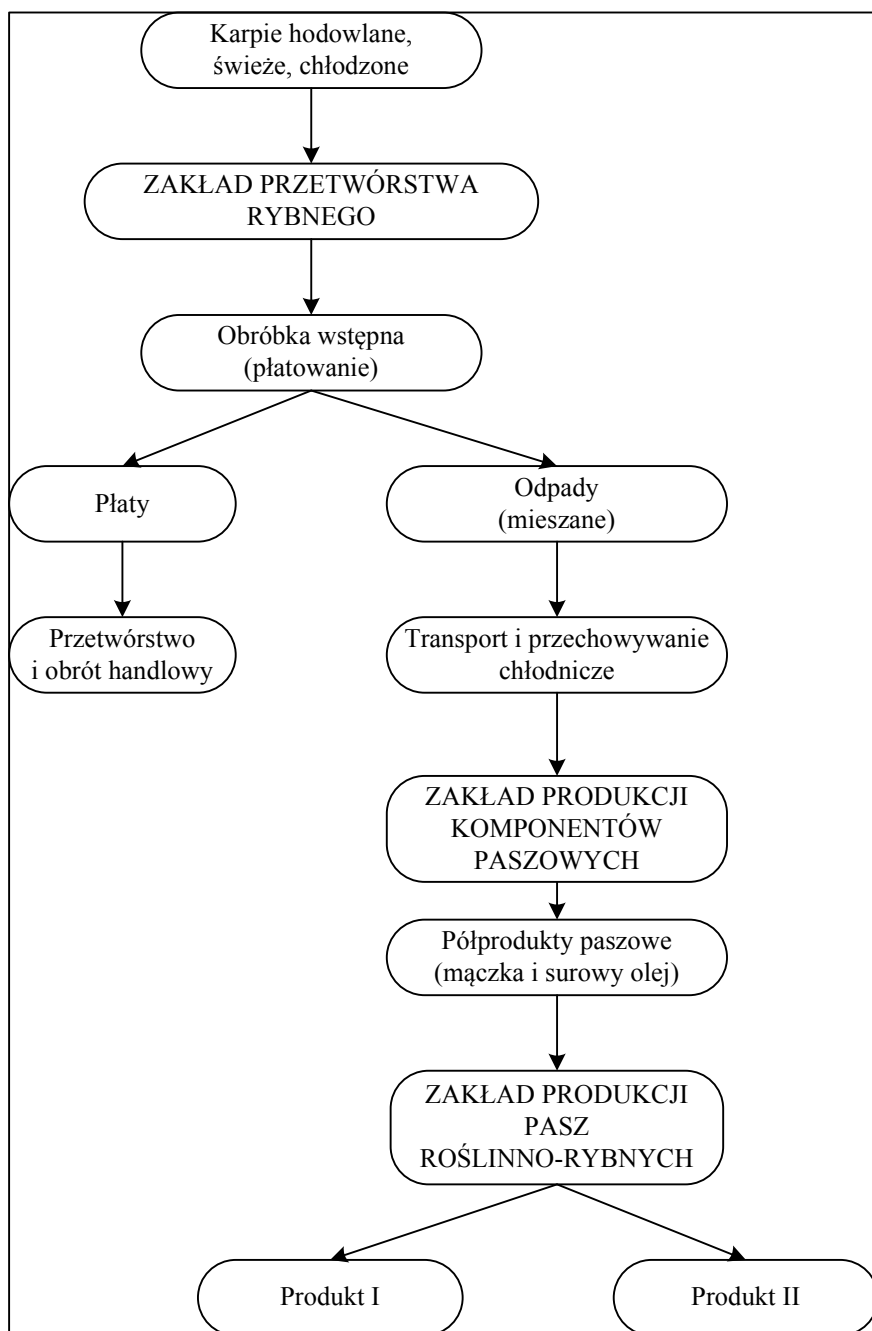
Można więc stwierdzić, że właściwości fizykochemiczne i cechy sensoryczne wszystkich prób mączek z rozdrobnionych wstępnie odpadów z karpi odpowiadają standardom jakościowym przyjętym w normach przedmiotowych dla mączek wytwarzanych z powszechnie stosowanych surowców rybnych.

Podstawowym warunkiem uzyskania dobrej jakości półproduktów i produktów paszowych z odpadów z karpi według zaprojektowanych technologii będzie odpowiednie przygotowanie surowców poprzez ich dokładne rozdrobnienie oraz stosowanie odpowiednich parametrów w poszczególnych procesach i operacjach technologicznych.

W warunkach przemysłowych, ze względów praktycznych i organizacyjnych, mączka będzie wytwarzana najczęściej z odpadów mieszanych (twardych i miękkich), uzyskanych po obróbce wstępnej karpi. Z tego względu jej podstawowy skład chemiczny będzie zależał od składu chemicznego i udziału poszczególnych rodzajów odpadów w ich ogólnej masie.

6. Produkcja eksperymentalna w warunkach przemysłowych

W warunkach przemysłowych, postępując według schematu pokazanego na rysunku 34, z miękkich i twardych odpadów, które pochodziły z obróbki wstępnej karpi, wytworzono według opracowanych i sprawdzonych metod próbne partie półproduktów (mączki i oleju) oraz produktów paszowych (ekstrudowanych mieszanek roślinno-rybnych). W produkcję próbną były zaangażowane trzy zakłady przetwórcze, a podczas przechowywania i transportu surowych odpadów z karpi zachowywano ciągłość łańcucha chłodniczego.



Rys. 34. Schemat organizacyjny procesu wytwarzania w warunkach przemysłowych próbnych partii półproduktów i produktów paszowych z odpadów z karpia

6.1. Produkcja próbnych partii mączki i surowego oleju

6.1.1. Warunki techniczne produkcji

Do wyprodukowania w warunkach przemysłowych próbnych partii mączki metodą dwustopniową i surowego oleju z odpadów z karpi wykorzystano linię składającą się z:

- komory chłodniczej do magazynowania i przechowywania odpadów rybnych w temperaturze 0 - 4°C,
- młynka młotkowego do dokładnego rozdrabniania (mielenia) twardych odpadów rybnych,
- wagi do odważania masy odpadów rybnych,
- podgrzewacza odpadów do temperatury powyżej 60°C,
- warkana do gotowania odpadów rybnych w temperaturze od 100°C do 115°C przy ciśnieniu około 4 barów,
- sita rotacyjnego do wstępnego oddzielania wycieku termicznego z rozgotowanych odpadów (miazgi),
- prasy ślimakowej do odwadniania ugotowanych odpadów,
- wirówki talerzowej do separacji wód poprasowych z oleju,
- wirówki klaryfikującej do odseparowania pozostałości wody z oleju,
- wyparki do zagęszczania odłuszczonych wód produkcyjnych,
- dwóch połączonych szeregowo suszarni do suszenia wyłoków i zagęszczonych wód produkcyjnych,
- separatora pneumatycznego do usuwania zanieczyszczeń fizycznych,
- schładzalnika do schładzania wysuszonej mączki do temperatury około 25°C,
- zbiornika do wymieszania i standaryzacji mączki,
- młynka do mielenia mączki,
- dozownicy wagowej do pakowania porcji mączki do opakowań jednostkowych.

Proces technologiczny wyprodukowania mączki i oleju obejmował:

- magazynowanie odpadów karpi - mieszane odpady z karpi były przechowywane w chłodni, w temperaturze 0 - 4°C przez 24 godz.,
- rozdrabnianie (mielenie) odpadów twardych na cząstki nieprzekraczające 4 mm długości,
- wstępne podgrzewanie odpadów do temperatury powyżej 60°C w podgrzewaczu parowym przez 10 minut,
- gotowanie odpadów w poziomym warku ogrzewanym przeponowo przez płaszczyzny grzewcze i wyposażonym w obracający się rotor ślimakowy. Gotowanie odpadów rybnych prowadzono w temperaturze 100 - 101°C, przy ciśnieniu roboczym pary około 4 barów. Czas gotowania mieszanych odpadów z karpi wynosił 30 minut,
- wstępne oddzielanie wycieku termicznego z ugotowanych odpadów na sicie rotacyjnym,
- odwadnianie ugotowanych odpadów w prasie ślimakowej. W wyniku tej operacji zawartość wody w wyłokach po prasie wynosiła nie więcej niż 50%,
- oddzielanie zawiesin stałych z wód poprasowych na sicie wibracyjnym,
- oddzielanie oleju rybnego z wód poprasowych. W pierwszym etapie olej rybny z wód poprasowych oddzielano w wirówce separacyjnej,

- oddzielanie pozostałości wody z oleju rybnego. W drugim etapie olej rybny i pozostałości wody oddzielano w wirówce klaryfikującej. Oczyszczony surowy olej po dodaniu przeciwutleniacza został przetłoczony do odpowiedniego zbiornika w magazynie,
- zagęszczanie odtłuszczonych wód produkcyjnych w wyparce próżniowej przez 25 minut, w temperaturze powyżej 85°C, przy ciśnieniu wynoszącym 0,5 - 0,6 bara. Zagęszczona woda, tak zwany koncentrat białkowy, była gromadzona w zbiorniku zagęszczonych wód, skąd była sukcesywnie dodawana za pomocą pompy o regulowanych obrotach do materiału w suszarce,
- suszenie prowadzonego w dwóch etapach, w połączonych szeregowo suszarkach. W suszarkach miazga i zagęszczone wody poprasowe były ogrzewane poprzez płaszczy grzewczy i obracający się tarczowy rotor. Obroty rotora suszarki wynosiły około 9 obr/min. Stosowano następujące parametry suszenia: I suszarka - czas suszenia 45 minut, wypełnienie suszarki 50%; II suszarka - czas suszenia 35 minut, wypełnienie suszarki 40%. Temperatura w suszarkach wynosiła 100°C, natomiast temperatura materiału na wyjściu z drugiej suszarki wynosiła powyżej 85°C,
- usuwanie zanieczyszczeń fizycznych prowadzonego w strumieniu powietrza podczas transportu wysuszonego materiału do chłodnicy,
- chłodzenie wysuszonej mączki w chłodnicach, w których materiał był przesuwany i obracany przez łopatki rotora, natomiast zewnętrzne chłodzące powietrze było podawane w przeciwnym kierunku. Temperatura wysuszonej i schłodzonej mączki wynosiła około 25°C,
- magazynowanie mączki w zbiorniku uśredniającym z mieszałem,
- mielenie mączki w młynku stożkowym. Podczas mielenia dodawano do mączki rybnej preparat chemiczny w ilości 1 kg/1000 kg mączki, zabezpieczający ją przed jęłczeniem,
- pakowanie mączki do opakowań jednostkowych z polipropylenu.

6.1.2. Bilans masowy produkcji

Bilans masowy próbných partii mączki i oleju, wyprodukowanych z 9 ton odpadów mieszanych, ilustrują dane w tabeli 25.

Tabela 25. Bilans masowy produkcji próbnej partii mączki i oleju rybnego w przeliczeniu na 1000 kg surowych odpadów rybnych

Lp.	Wyszczególnienie	Masa (kg)
1.	Mieszane odpady z karpia	1000
2.	Wytłoki po prasie	450
3.	Wyciek termiczny i wody produkcyjne po prasie	550
4.	Wydzielony olej z wód produkcyjnych	130
5.	Wstępnie odtłuszczony wyciek	420
6.	Koncentrat z zagęszczonych wód na wyparce	150
7.	Mączka rybna po wysuszeniu i chłodzeniu	210
8.	Całkowite ubytki technologiczne	660

Z danych przedstawionych w tabeli wynika, że wydajność produkcji w warunkach przemysłowych mączki rybnej wyniosła 21%, a oleju surowego - 13%.

Próbki wytworzonych produktów pokazano na rysunkach 35 i 36.



Rys. 35. Próbkę mączki z odpadów z karpia



Rys. 36. Próbkę surowego oleju z odpadów z karpia

Przeznaczone do dalszych badań i ocen jakości próbki mączki i oleju przechowywano w normatywnych warunkach.

6.2. Produkcja próbných partii ekstrudowanych roślinno-rybnych mieszanek paszowych

6.2.1. Warunki techniczne produkcji

Do wyprodukowania w warunkach przemysłowych dwóch próbných partii ekstrudowanych roślinno-rybnych mieszanek paszowych dla sumów i pstrągów wykorzystano linię składającą się z:

- suchego magazynu do przechowywania komponentów paszowych w temperaturze otoczenia 18 - 20°C,
- sita rotacyjnego do odsiewania zanieczyszczeń fizycznych,
- młynka do rozdrabniania komponentów roślinnych,
- wag dozujących składniki sypkie paszy,
- dozownicy do dozowania płynów i komponentów o wysokiej zawartości wody,
- mieszalnika do wymieszania składników paszowych,
- autogenicznego ekstrudera jednoślimakowego,
- suszarki do suszenia ekstrudowanych produktów paszowych,
- chłodnicy rotacyjnej do schładzania ekstrudowanych produktów paszowych do temperatury około 25°C,
- dozownicy wagowej do pakowania porcji pasz do opakowań jednostkowych.

Proces technologiczny produkowania próbek pasz ekstrudowanych polegał na:

- magazynowaniu składników paszowych rybnych i roślinnych - składniki zapakowane do opakowań z polipropylenu przechowywano w temperaturze otoczenia, w suchym magazynie,
- usuwaniu zanieczyszczeń fizycznych na sicie rotacyjnym,
- rozdrabnianiu składników roślinnych w młynku, w którym średnica otworów w sicie wynosiła 0,8 mm (wielkość rozdrobnionych cząstek roślinnych wynosiła od 0,4 mm do 0,8 mm),
- odważaniu porcji składników sypkich paszy - mączki i składnika roślinnego,
- dozowaniu płynów lub komponentów o dużej zawartości wody,
- mieszaniu składników,
- ekstruzji,
- suszeniu paszy do zawartości wilgoci nieprzekraczającej 10%,
- chłodzeniu paszy do temperatury otoczenia (około 20°C),
- pakowaniu paszy w opakowania polipropylenowe.

6.2.2. Bilans masowy produkcji

Bilans masowy próbných partii roślinno-rybnych pasz ekstrudowanych, wyprodukowanych z odpadów mieszanych i wynikającej z receptur masy innych komponentów, przedstawiono w tabeli 26.

Tabela 26. Bilans masowy produkcji próbnych partii ekstrudowanych mieszanek paszowych w przeliczeniu na 1000 kg gotowego produktu

Lp.	Składniki	Ilość (kg)	
		w paszy dla pstrągów	w paszy dla sumów
1.	Mączka z odpadów z karpia	420,0	350,0
2.	Gluten kukurydziany	144,0	165,0
3.	Mąka pszenna	419,0	468,0
4.	Premiks mineralno-witaminowy	17,0	17,0
5.	Gotowy produkt	945,0	942,0

Z danych tabeli 26 wynika, że wydajność produkcji ekstrudowanej mieszanki paszowej dla pstrągów wynosiła 94,5%, a dla sumów - 94,2%.

Próbkę wytworzonej paszy pokazano na rysunku 37.



Rys. 37. Próbką ekstrudowanej roślinno-rybnej paszowej dla sumów

Wygląd eksperymentalnie wyprodukowanych ekstrudatów był charakterystyczny dla tego typu produktów wytwarzanych przez krajowe przetwórstwo paszowe.

7. Charakterystyka jakościowa półproduktów i produktów z odpadów z karpia

Ocenie poddano wyprodukowane eksperymentalnie:

- mączkę,
- surowy olej,
- dwie roślinno-rybne ekstrudowane mieszanki paszowe (dla pstrągów i sumów).

Próbne partie półproduktów (mączki i oleju) i produktów paszowych (ekstrudaty) były przechowywane w warunkach normatywnych, to jest w suchym, zaciemnionym pomieszczeniu, zabezpieczonym przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych, w temperaturze 18 - 20°C.

Próbki półproduktów oraz produktów paszowych przeznaczone do badań były pobierane z próbnych partii w sposób losowy.

Charakterystyka jakościowa obejmowała:

- ocenę jakości sensorycznej,
- oznaczenie zawartości wybranych wskaźników fizykochemicznych,
- ocenę wartości energetycznej,
- badania mikrobiologiczne.

Ocena jakości sensorycznej

Ocenę przeprowadzał zespół specjalistów z Zakładu Technologii i Mechanizacji Przetwórstwa MIR-PIB. Dokonano jej z uwzględnieniem wymagań zawartych w nieobligatoryjnej normie PN-A-86852:1994P "Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna". Wyróżniki jakości sensorycznej mączki oraz mieszanek paszowych oceniano metodą opisową, posługując się opracowanymi na podstawie normy PN-A-86852:1994P wymaganiami jakościowymi. Poszczególne wyróżniki sensoryczne półproduktów i produktów paszowych charakteryzowano stosując następujące określenia:

- wygląd ogólny:
 - syпки proszek, jednolity, zbrylający się lub nie zbrylający się,
 - granulki, zbrylające się lub nie zbrylające się,
 - nietypowy, zbliżony do pasty,
 - inne uwagi dotyczące wyglądu,
- barwa:
 - jasna, kremowa,
 - brązowoszara,
 - ciemnobrązowa,
 - inna barwa,
- zapach:
 - swoisty, charakterystyczny, rybi,
 - nieswoisty, obcy: jełki, stęchły, metaliczny,
 - inny zapach,
- zanieczyszczenia ciałami obcymi, szkodliwymi dla zdrowia zwierząt:
 - obecne,
 - nieobecne,
- obecność szkodników zbożowo-mącznych:
 - obecne,
 - nieobecne,
- ocena ogólna:
 - bardzo dobra (5,0),
 - dobra (4,0),
 - dostateczna (3,0),
 - niedostateczna (2,0),
 - dyskwalifikująca (1,0).

Wyróżniki jakości sensorycznej surowego oleju z odpadów z karpi oceniano metodą opisową, posługując się opracowanymi na podstawie nieobowiązującej normy PN-R-64806:1997 "Pasze. Tłuszcze paszowe", wymaganiami jakościowymi:

- zapach w temperaturze 20°C:
 - swoisty, charakterystyczny,
 - neutralny, bez obcych zapachów (gnilny, jełki, chemiczny),
- przezroczystość w temperaturze 20°C:
 - przezroczysty,
 - dopuszcza się lekko mętny lub mętny,
- barwa w skali dwuchromianowej:
 - słomkowożółta,
 - żółto-brązowa, ciemna.

Punktową ocenę ogólnej jakości sensorycznej półproduktów i produktów paszowych określano za pomocą opracowanej przez D. Tilgnera zmodyfikowanej 5-punktowej skali ocen produktów żywnościowych (Baryłko-Pikielna i Matuszewska 2009, Gawęcka i Jędryka 2001). Skala ta obejmuje pięć poziomów jakości:

- bardzo dobra (5,0),
- dobra (4,0),
- dostateczna (3,0),
- niedostateczna (2,0),
- dyskwalifikująca (1,0).

Oznaczenia wybranych wskaźników fizykochemicznych

W półproduktach oraz produktach paszowych wytworzonych z mieszanych odpadów z karpia oznaczono:

- gęstość nasypową oraz stopień rozdrobnienia (mączki i produktów ekstrudowanych),
- białko (N·6,25) - wg obowiązującej normy PN-EN ISO 5983-1:2006P + AC:2009P "Pasze. Oznaczanie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka ogólnego. Część 1: Metoda Kjeldahla",
- tłuszcz - metodą Soxhleta,
- sucha masa - metodą suszarkową,
- chlorek sodu - metodą miareczkową Mohra,
- popiół - metodą spalania,
- liczbę kwasową w oleju - wg PN-EN ISO 660:2010P "Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości",
- liczbę nadtlenkową w oleju - wg PN-EN ISO 3960:2010P "Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego",

Gęstość nasypową mączki i mieszanek paszowych wyrażono jako stosunek masy granulatu do jego objętości podczas swobodnego nasypywania, bez ubijania.

Stopień rozdrobnienia mączki i mieszanek paszowych określono metodą analizy sitowej w urządzeniu pokazanym na rysunku 38, zgodnie z metodyką zawartą w normie PN-R-64798:2009P "Pasze. Oznaczanie rozdrobnienia".



Rys. 38. Urządzenie do analizy sitowej mączki i mieszanek paszowych

Skład kwasów tłuszczowych w surowym oleju oznaczono, przemieniając zawarte w nim kwasy tłuszczowe w ich estry metylowe oraz wykonując oznaczenia końcowe chromatografem gazowym, wyposażonym w detektor płomieniowo-jonizacyjny.

Pestycydy i polichlorowane bifenyle PCB w surowym oleju oznaczono metodą chromatografii gazowej.

Aminokwasy obecne w mączce rybnej były oddzielane na drodze chromatografii jonowymiennej i po reakcji z ninhydriną oznaczane za pomocą fotometrycznej detekcji przy 570 nm.

W mączce rybnej oznaczono następujące makroelementy:

- sód (Na), potas (K) - zawartość pierwiastków była oznaczana metodą fotometrii płomieniowej,
- wapń (Ca) - metodą miareczkowania roztworem nadmanganianu potasu,
- fosfor (P) - spektrofotometrem przy 430 nm.

Mikroelementy w mączce rybnej oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie sprzężoną plazmą.

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach (A, D, E) obecne w mączce oznaczane były metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej.

Określenie wartości energetycznej

Wartość energetyczną mączki i pasz, wyrażoną w kilokaloriach (kcal) lub kilodżulach (kJ), określa ilość energii, jaką organizm zwierzęcia może przyswoić w wyniku trawienia. Do obliczeń tej wartości stosuje się równoważniki Atwatera, które określają energię netto, czyli energię przyswajalną, uzyskaną z żywności po uwzględnieniu strawności i przyswajalności poszczególnych składników odżywczych

(Kunachowicz i in. 2007). Energia przyswajalna 1 g białka wynosi 4,0 kcal, 1 g tłuszczu - 9,0 kcal i 1 g węglowodanów - 4,0 kcal, przy czym 1 kcal równa się 0,0041868 MJ.

Wartość energetyczną (W_N) mączki i pasz z odpadów z karpi określono na podstawie zawartości białka, tłuszczu i węglowodanów w 100 g produktu korzystając z równania:

$$W_N = T \cdot 9 + B \cdot 4 + W \cdot 4 \text{ (kcal/100 g lub MJ/kg)}$$

gdzie:

- T - zawartość tłuszczu,
- B - zawartość białka ($N \cdot 6,25$),
- W - zawartość węglowodanów (ogółem).

Na podstawie powyższego wzoru oszacowano wartości energetyczne mączki i pasz z odpadów z karpi.

7.1. Mączka rybna

Próbną partia mączki z mieszanych odpadów z karpi była poddana badaniom i ocenom jakości bezpośrednio po wyprodukowaniu oraz podczas przechowywania w warunkach normatywnych.

7.1.1. Ocena jakości sensorycznej

Wyniki oceny jakości sensorycznej mączki z odpadów z karpi, którą przeprowadzono 2 dni po jej wyprodukowaniu, przedstawiono w tabeli 27.

Tabela 27. Ocena jakości sensorycznej mączki z odpadów z karpi (2 dni po wyprodukowaniu)

Lp.	Cecha	Opis
1.	Postać, struktura	sypki, jednorodny proszek, nie zbrylający się, obecne nieliczne większe cząstki kostne
2.	Barwa	brązowa
3.	Zapach	charakterystyczny, swoisty
4.	Obecność szkodliwych dla zdrowia zwierząt ciał obcych	nie stwierdzono
5.	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	nie stwierdzono
6.	Ocena ogólna (pkt)	$4,5 \pm 0,3$

Mączka charakteryzowała się korzystnymi, typowymi dla tego typu wyrobów cechami sensorycznymi; jej jakość została oceniona jako ponad dobra.

7.1.2. Wskaźniki fizykochemiczne

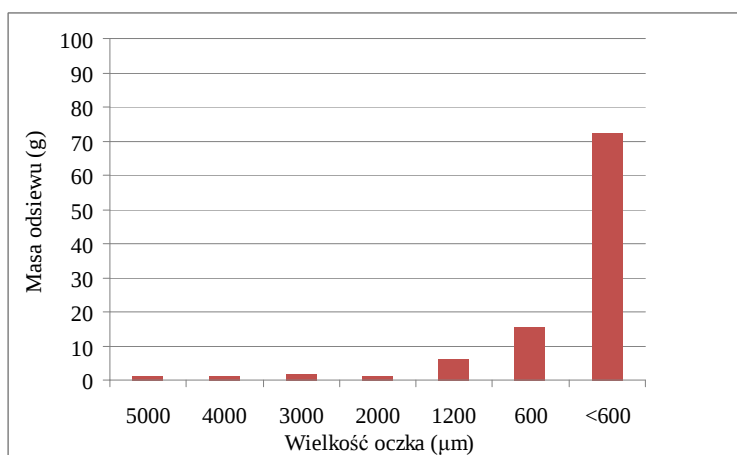
Wskaźniki fizyczne

W tabeli 28 zamieszczono wartość wybranych właściwości fizycznych mączki uzyskanej z mieszanych odpadów z karpi.

Tabela 28. Wybrane właściwości fizyczne mączki z mieszanych odpadów z karpia

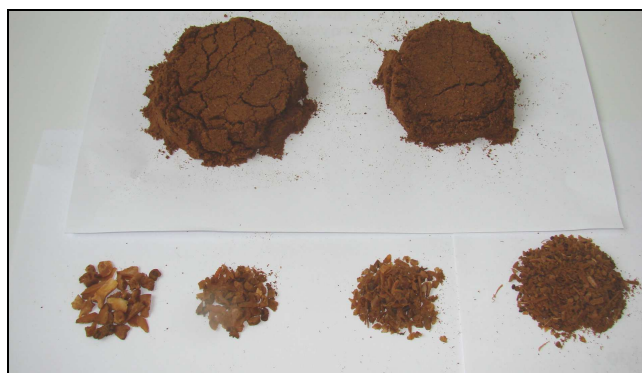
Lp.	Parametr	Wartość
1.	Gęstość nasypowa - stosunek masy granulatu do objętości przy swobodnym nasypywaniu, bez ubijania	53,9 g/100 cm ³
2.	Stopień rozdrobnienia mączki wg PN-R-64798:2009P (udział poszczególnych frakcji wyrażony w %)	ϕ 5000 μ – 1,0 % ϕ 4000 " – 1,2 % ϕ 3000 " – 1,9 % ϕ 2000 " – 1,4 % ϕ 1200 " – 6,3 % ϕ 600 " – 15,8 % $\geq \phi$ 600 " – 72,4 % Razem: 100 %

Z danych z tabeli 28 wynika, że gęstość nasypowa mączki z odpadów z karpia wynosiła około 54 g/100 cm³ i nie odbiegała od gęstości mączek z innych gatunków ryb (New 1987). Natomiast wyniki analizy sitowej, które przedstawiono na rysunku 39, wykazały, że mączka z odpadów karpia jest dobrze rozdrobniona, a łączny udział większych, kostnych cząstek w mączce, zatrzymanych na sicie o ϕ 2000 μ m, nie przekraczał 5,5%.



Rys. 39. Wyniki analizy sitowej

Na rysunku 40 przedstawiono główne frakcje wielkościowe mączki z odpadów z karpia rozdzielone na urządzeniu do analizy sitowej.



Rys. 40. Frakcje cząstek mączki wydzielone w analizie sitowej

Wskaźniki chemiczne

W tabeli 29 przedstawiono dane o składzie chemicznym mączki wyprodukowanej z odpadów karpowych oraz, dla porównania, zawartości tych samych składników w mączce rybnej według normy PN-A-86852:1994P, a w tabeli 30 dane zawartości wybranych składników mineralnych, mikroelementów i aminokwasów w mączce z odpadów mieszanych z karpia.

Tabela 29. Podstawowy skład chemiczny mączki wyprodukowanej z odpadów z karpia oraz średni skład chemiczny mączki z odpadów pochodzących innych surowców rybnych

Lp.	Parametr	Zawartość (%)	
		Mączka z odpadów z karpia	Mączka rybna wg normy
1.	Białko surowe	59,28 ± 0,12	50 - 70
2.	Tłuszcz surowy	13,34 ± 0,16	10 - 15
3.	Wilgotność	9,13 ± 0,18	5 - 10
4.	Sucha masa	90,87 ± 0,18	min. 90,0
5.	Popiół surowy	17,25 ± 0,29	maks.20
6.	Chlorek sodu (NaCl)	0,95 ± 0,11	maks. 4

Tabela 30. Zawartość składników odżywczych w mączce z mieszanych odpadów z karpi

Lp.	Określenie	Składniki	Zawartość
1.	Składniki mineralne (g/kg)	Wapń	81,5 ± 10,5
		Fosfor	20,0 ± 3,0
		Sód	22,0 ± 2,0
		Potas	20,0 ± 3,0
2.	Mikroelementy (mg/kg)	Cynk	186,4 ± 3,0
		Miedź	5,2 ± 3,0
		Żelazo	216,2 ± 4,1
		Magnez	2645,5 ± 13,8
		Selen	0,544 ± 0,05
		Ołów	0,246 ± 0,07
		Kadm	0,022 ± 0,001
		Rtęć	0,06 ± 0,02
		Arsen	2,455 ± 0,94
3.	Aminokwasy (%)	Kwas asparaginowy	5,48 ± 0,10
		Treonina	1,96 ± 0,05
		Seryna	2,00 ± 0,30
		Kwas glutaminowy	7,61 ± 0,42
		Prolina	2,15 ± 0,22
		Cystyna	0,43 ± 0,12
		Glicyna	5,61 ± 0,82
		Alanina	3,43 ± 0,42
		Walina	2,49 ± 0,32
		Metionina	1,72 ± 0,09
		Izoleucyna	1,95 ± 0,06
		Leucyna	3,50 ± 0,32
		Tyrozyna	1,02 ± 0,12
		Fenylalanina	2,01 ± 0,32
		Histydyna	1,37 ± 0,12
		Lizyna	4,30 ± 0,50
		Arginina	3,69 ± 0,41
		Tryptofan	0,56 ± 0,22

Z danych w tabeli 29 wynika, że wytworzona mączka jest pełnowartościową wysokobiałkową paszą, zawierającą dużo mikroelementów, w tym: magnezu (ok. 2650 mg/kg), żelaza (ok. 216 mg/kg) i cynku (ok. 186 mg/kg).

7.1.3. Wartość energetyczna

Wartość energetyczną (W_E) określono na podstawie zawartości białka, tłuszczu i węglowodanów w 100 g mączki z mieszanych odpadów z karpi, korzystając z równania podanego w rozdziale 7. Wyniki przedstawiono w tabeli 31.

Tabela 31. Udział składników odżywczych oraz wartość energetyczna mączki wytworzonej z odpadów z karpia

Lp.	Składnik	Mączka z odpadów z karpia	
		Udział (%)	Wartość energetyczna (MJ/kg)
1.	Białko	59,3	9,9
2.	Tłuszcz	13,3	5,0
3.	Węglowodany	-	-
4.	Ogółem	-	14,9

7.1.4. Stan mikrobiologiczny

Zgodnie z wymaganiami normy PN-A-86852:1994P "Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna", w mączce rybnej niedopuszczalna jest obecność drobnoustrojów z rodzaju *Salmonella* w 25 g produktu oraz obecność innych drobnoustrojów chorobotwórczych i ich toksyn.

W tabeli 32 zamieszczono wyniki badań mikrobiologicznych mączki z mieszanych odpadów z karpia, wytworzonej w warunkach produkcyjnych.

Tabela 32. Stan mikrobiologiczny mączki wytworzonej z odpadów z karpia

Lp.	Rodzaj drobnoustrojów	Obecność w produkcie
1.	<i>Clostridium perfringens</i>	nieobecne w 1 g produktu
2.	<i>Salmonella</i>	nieobecne w 25 g, gdy: $n=5$, $C=0$, $m=0$, $M=0$
3.	<i>Enteriobacteriaceae</i>	$M=0,9 \cdot 10^2$ w 1 g, gdy: $n=5$, $C=2$, $m=10$

gdzie:

n - liczba próbek, m - wielkość progowa liczby bakterii; wynik jest zadowalający, jeśli liczba bakterii we wszystkich próbkach jednostkowych nie przekroczy liczby m , M - wartość maksymalna liczby bakterii; wynik uznany jest za niezadowalający, jeśli liczba bakterii w jednej lub więcej próbek jednostkowych wynosi M lub więcej, C - liczba próbek jednostkowych, w których liczba bakterii może wynosić między m a M ; wynik jest nadal uznany za zadowalający, jeśli liczba bakterii w pozostałych próbkach jednostkowych wynosi m lub mniej od m .

Według Zaleskiego (1978) mączka rybna będzie miała wartość odżywczą tylko wtedy, gdy nie będzie zawierała ani toksycznych związków, ani drobnoustrojów chorobotwórczych dla zwierząt. Występowanie pałeczek *Salmonella* w mączce rybnej może być spowodowane nieprawidłowym stosowaniem parametrów technologicznych lub ich nieprzestrzeganiem, jak również zbyt niskim stanem sanitarnym w zakładzie produkcji mączki rybnej.

W mączce rybnej właściwej jakości liczba pałeczek z rodziny *Enterobacteriaceae* nie może przekraczać 10^2 w 1. g. Ogólna liczba bakterii mezofilnych w mączce rybnej nie budzi zastrzeżeń, jeżeli liczba ich nie przekracza 10^5 , przy czym w mączkach dobrej jakości liczba ta jest znacznie mniejsza. Natomiast chorobotwórcze laseczki beztlenowe, zwłaszcza *Clostridium perfringens* szczególnie niebezpieczne dla zdrowia zwierząt i ludzi, nie mogą być obecne w 1 g mączki rybnej.

Z danych zawartych w tabeli 32 wynika, że w mączce wytworzonej z mieszanych odpadów z karpia nie stwierdzono obecności beztlenowych bakterii chorobotwórczych oraz drobnoustrojów *Salmonella*, natomiast liczba pałeczek z rodziny *Enteriobacteriaceae* była mniejsza od dopuszczalnej.

Można zatem stwierdzić, że stan mikrobiologiczny mączki wytworzonej z mieszanych odpadów z karpia nie budził zastrzeżeń.

7.1.5. Ogólna cena jakości mączki rybnej

W tabeli 33 porównano właściwości fizykochemiczne mączki wytworzonej z odpadów z karpia z wymaganiami normy przedmiotowej PN-A-86852:1994P "Surowce i innych zwierząt wodnych - Mączka rybna".

Z danych zamieszczonych w tabeli 32 wynika, że cechy sensoryczne dotyczące wyglądu, barwy i zapachu mączki z mieszanych odpadów z karpia były zgodne z wymaganiami normy przedmiotowej. Stopień rozdrobnienia mączki z mieszanych odpadów z karpia spełniał wymagania normy przedmiotowej, co oznacza, że 100% cząstek mączki przechodziło przez sito o wymiarach oczek 4x4 mm.

Udział wody (9,1%) i popiołu (18,3%) w mączce był niższy od maksymalnych, dopuszczalnych poziomów, to jest 10% dla wody i 20% dla popiołu. Natomiast zawartość chlorku sodu (1%) była znacznie niższa od dopuszczalnej, normatywnej zawartości soli (4%).

Pod względem zawartości białka (56,4%), mączkę z odpadów z karpia można zaliczyć do klasy IV, zaś ze względu na zawartość tłuszczu (13,3%) do mączek tłustych.

Wartość energetyczna mączki z odpadów z karpia była nieco niższa niż obecnie wytwarzanych mączek z innych surowców. Na przykład duńska mączka ze szprotów o zawartości białka 70 - 72% ma wartość energetyczną na poziomie 18,7 MJ/kg, zaś mączka rybna krajowa z różnych odpadów rybnych, o zawartości białka 60%, ma wartość energetyczną 16,3 MJ/kg (Agromec 2013). Różnica ta wynika z nieco niższej zawartości białka w mączce z odpadów karpiovych.

Tabela 33. Cechy jakościowe mączki z odpadów z karpi oraz wymagania normy przedmiotowej PN-A-86852:1994P

Lp.	Wyróżniki	Cechy jakościowe	
		wg PN-A-86852:1994P	Mączka z odpadów z karpi
1.	Postać, struktura	proszek sypki, jednolity, brykiety, granulki, dopuszcza się zbrylenie proszku łatwo ustępujące przy ucisku, nie dopuszcza się zbrylenia brykietów i granulek	sypka, jednolita, nie zbrylająca się, nieliczne cząstki kostne
2.	Barwa	jasnokremowa do brązowoszarej, brązowej lub ciemnobrązowej,	brązowa
3.	Zapach	swoisty, charakterystyczny, niedopuszczalny zapach pleśni, stęchlizny lub inny nieswoisty	typowy, swoisty, rybi
4.	Rozdrobnienie - przesiew przez sito o boku oczka 4 mm (%)	100	100
5.	Zawartość białka (%), nie mniej niż: - I, - II, - III, - IV, - V,	70 65 60 55 50	56,4
6.	Zawartość tłuszczu - mączki chude, nie więcej niż (%) - mączki tłuste (%)	10 10 - 15 ^{*)}	13,3
7.	Zawartość chlorku sodu (%), nie więcej niż	4,0 ^{*)}	1,0
8.	Zawartość wody (%)	5 - 10	9,1
9.	Zawartość popiołu surowego (%), nie więcej niż	20,0	18,3
10.	Wartość energetyczna (MJ/kg)	brak danych	14,9 MJ/kg
11.	Obecność zanieczyszczeń ciałami obcymi szkodliwymi dla zdrowia zwierząt	niedopuszczalna	nieobecne
12.	Obecność drobnoustrojów z rodzaju <i>Salmonella</i>	nieobecne w 25 g	nieobecne
13.	Obecność innych drobnoustrojów chorobotwórczych i ich toksyn	niedopuszczalna	nieobecne
14.	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	niedopuszczalna	nieobecne

^{*)} Dopuszcza się, za zgodą odbiorcy, mączkę rybną o zawartości tłuszczu powyżej 15% i/lub zawartości chlorku sodu powyżej 4%.

Badania i oceny wykazały, że właściwości sensoryczne, fizykochemiczne oraz mikrobiologiczne mączki z mieszanych odpadów z karpia są zgodne z wymaganiami normy przedmiotowej PN-A-86852: 1994P.

7.1.6. Zmiany jakości mączki podczas przechowywania w normatywnych warunkach

Zmiany jakości mączki określano na podstawie oceny jakości sensorycznej oraz oznaczeń wybranych wskaźników chemicznych w okresie 6 miesięcy przechowywania w normatywnych warunkach, to jest w temperaturze 18 - 20°C, w suchym pomieszczeniu zabezpieczonym przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

W tabeli 34 zamieszczono wyniki ocen jakości sensorycznej mączki z mieszanych odpadów z karpia, przechowywanej przez 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C.

Tabela 34. Jakość sensoryczna mączki przechowywanej przez 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C

Czas (m-ce)	Cecha	Opis
0	Postać, struktura	Sypki jednorodny proszek, nie zbrylający się
	Barwa	Charakterystyczna, brązowa
	Zapach	Intensywny, swoisty
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	Nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	Nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,5 ± 0,3
2	Wygląd ogólny	Sypki, jednorodny proszek, nie zbrylający się,
	Barwa	Charakterystyczna, brązowa
	Zapach	Swoisty, mało intensywny, rybi
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	Nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	Nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,0 ± 0,2
4	Wygląd ogólny	Sypki proszek, niewielkie zbrylenia proszku ustępujące przy ucisku
	Barwa	Charakterystyczna, brązowa
	Zapach	Dość intensywny, rybi
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	Nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	Nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,1 ± 0,2
6	Wygląd ogólny	Sypki proszek, obecne większe zbrylenia ustępujące przy ucisku
	Barwa	Charakterystyczna, brązowa
	Zapach	Dość intensywny, rybi, brak wyczuwalnego jęlczu
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	Nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	Nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,0 ± 0,2

Z danych w tabeli wynika, że jakość sensoryczna przechowywanej przez 6 miesięcy w warunkach normatywnych mączki z mieszanych odpadów z karpi nie uległa zasadniczym zmianom i była na poziomie dobrym lub wyższym.

W okresie przechowywania niewielkim zmianom ulegał zapach mączki, z intensywnego, swoistego (bezpośrednio po wyprodukowaniu) do mało intensywnego, rybiego. Podczas składowania niewielkim zmianom uległa także postać i struktura mączki, z całkowicie sypkiej do lekko zbrylającej się postaci, ustępującej przy niewielkim ucisku.

W okresie przechowywania nie stwierdzono obecności szkodników zbożowo-mącznych lub innych zanieczyszczeń, mogących negatywnie wpłynąć na stan zdrowia ryb hodowlanych.

Oceny wykazały, że po 6 miesiącach przechowywania w normatywnych warunkach, ogólna jakość sensoryczna mączki z mieszanych odpadów z karpi była na poziomie dobrym (4,0 pkt.).

W tabeli 35 zamieszczono wartości wybranych wskaźników chemicznych w mączce z odpadów z karpi, ocenianej bezpośrednio po wyprodukowaniu (0 miesięcy) oraz po 3 i 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 18 - 20°C.

Tabela 35. Wartości wybranych wskaźników chemicznych w mączce z mieszanych odpadów z karpi, przechowywanej 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C

Czas (m-ce)	Parametr	Zawartość
0	Woda (%)	9,13 ± 0,18
	Azot ogólny (%)	9,02 ± 0,12
	Tłuszcz (%)	13,34 ± 0,16
	Popiół (%)	18,25 ± 0,29
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	15,04 ± 0,11
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	5,43 ± 0,09
3	Woda (%)	9,50 ± 0,08
	Azot ogólny (%)	9,38 ± 0,10
	Tłuszcz (%)	12,94 ± 0,16
	Popiół (%)	17,95 ± 0,15
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	14,89 ± 0,09
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	8,20 ± 0,14
6	Woda (%)	9,65 ± 0,12
	Azot ogólny (%)	9,34 ± 0,21
	Tłuszcz (%)	13,09 ± 0,26
	Popiół (%)	18,11 ± 0,09
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	17,25 ± 0,30
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	9,57 ± 0,13

Z danych zawartych w tabeli wynika, że wartości wybranych wskaźników chemicznych w mączce nie uległy istotnym zmianom w badanym okresie przechowywania. Po 6 miesiącach przechowywania mączki zawartości wody, azotu ogólnego, tłuszczu i popiołu były zbliżone do zawartości tych wskaźników w mączce bezpośrednio po wyprodukowaniu. Na przykład przez 6 miesięcy przechowywania zawartość wody w mączce wzrosła z 9,13% do 9,65%, azotu ogólnego - z 9,02% do 9,34%, tłuszczu - z 13,34% do 13,39% oraz popiołu - z 18,25% do 18,31%.

Badania wykazały, że wartości liczby kwasowej i nadtlenkowej w mączce w okresie 6-miesięcznego przechowywania uległy niewielkim zmianom. Liczba kwasowa wzrosła z 15,04 do 17,25 mg KOH/g oleju, zaś liczba nadtlenkowa z 5,43 do 9,57 mEq O₂/kg oleju. Stosunkowo niewielki wzrost liczb kwasowej i nadtlenkowej świadczy o ograniczonym zakresie zmian oksydacyjnych w oleju zawartym w mączce z odpadów z karpia (Sikorski 1980). Wyniki te potwierdzają oceny jakości sensorycznej mączki przechowywanej przez 6 miesięcy, w której nie stwierdzono obecności zapachu jełkiego lub tranowatego, świadczącego o zmianach oksydacyjnych tłuszczu.

Oceny sensoryczne oraz oznaczania chemiczne wykazały, że mączka z mieszanych odpadów z karpia podczas 6-miesięcznego przechowywania w normatywnych warunkach nie uległa wyraźnym zmianom. Można więc uznać, że jej jakość utrzymała się na poziomie dobrym.

7.2. Surowy olej

Surowy olej został wytworzony w procesie produkcji mączki wyłącznie z mieszanych odpadów z karpia i był przechowywany w zamkniętych zbiornikach w temperaturze 18-20°C.

7.2.1. Ocena jakości sensorycznej

Ocena sensoryczna surowego oleju została dokonana po 3 dniach od jego wyprodukowania, a jej wyniki przedstawiono w tabeli 36.

Tabela 36. Ocena sensoryczna oleju surowego z mieszanych odpadów z karpia, po 3 dniach od jego wyprodukowania

Wyróżnik sensoryczny	Opis
Barwa w skali dwuchromianowej	pomarańczowa
Przezroczystość	całkowita
Zapach	swoisty, charakterystyczny, bez obcych zapachów
Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,6 ± 0,2

Pod względem sensorycznym olej uzyskał ocenę ponad dobrą.

7.2.2. Wskaźniki fizykochemiczne

Wskaźniki fizykochemiczne

Właściwości fizykochemiczne surowego oleju uzyskanego z mieszanych odpadów z karpi porównano z wymaganiami normy PN-R-64806:1997P "Pasze. Tłuszcze paszowe" (tab. 37).

Tabela 37. Właściwości fizykochemiczne surowego oleju z odpadów z karpi

Lp.	Parametr	Wartość	
		Olej surowy	wg PN-R-64806:1997P
1.	Barwa w skali jodowej (mg/100 ml)	140	do 170
2.	Zawartość wody (%)	$0,17 \pm 0,04$	do 1,5
3.	Zawartość azotu w przeliczeniu na białko (%)	$0,15 \pm 0,07$	do 0,2
4.	Substancje nierozpuszczalne w eterze naftowym (%)	$0,45 \pm 0,12$	do 1,0
5.	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	$11,72 \pm 0,02$	do 50
6.	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	$2,59 \pm 0,01$	do 20

Z porównania wynika, że surowy olej z odpadów z karpi spełnił wszystkie wymagania zawarte w normie PN-R-64806:1997P i charakteryzował się dobrą jakością.

Zawartość kwasów tłuszczowych i witamin rozpuszczalnych w tłuszczach

Skład kwasów tłuszczowych w surowym oleju uzyskanym z odpadów z karpi przedstawiono w tabeli 38, a w tabeli 39 dane o zawartości wybranych kwasów tłuszczowych w oleju z odpadów z karpi i dwóch surowych olejach rybnych dostępnych na rynku krajowym (Koreleski i Świątkiewicz 2013).

Z danych w tabeli 39 wynika, że skład kwasów tłuszczowych w trzech ocenianych surowych olejach rybnych był zróżnicowany. Na przykład udział nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w oleju rybnym „1” był najwyższy i wynosił 28,3%, podczas gdy w oleju z odpadów z karpi i oleju rybnym „2” był niższy i wynosił, odpowiednio: 21,7% i 19,5%.

Z kolei udział jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) w surowym oleju z odpadów z karpi (49,3%) był znacznie wyższy niż w oleju „1” (22,7%) i w oleju „2” (13,6%).

Ogólna zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 (PUFA) w oleju z odpadów z karpi wyniosła 10,7%, podczas gdy w oleju „1” wyniosła 14,4%, a w oleju „2” - 8,9%.

Natomiast łączna zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 (PUFA) w oleju z odpadów z karpi wyniosła 13,9%, podczas gdy w oleju „1” i „2” była znacznie niższa i wynosiła po 3,4%.

Tabela 38. Skład kwasów tłuszczowych w surowym oleju z odpadów z karpia

Grupa kwasów	Kwas tłuszczowy	(%)
SFA	Mirystynowy C14:0	1,83
	Pentadekanowy C15:0	0,25
	Palmitynowy C16:0	15,16
	Heptadekanowy C17:0	0,19
	Stearynowy C18:0	4,73
	Arachidowy C20:0	0,13
	Behenowy C22:0	0,05
	Razem	22,34
MUFA	Mirystoleinowy C14:1	0,09
	Palmitoleinowy C16:1n7	7,07
	Oleinowy C18:1n9c	42,20
	Eikozenowy C20:1	3,31
	Dokozenowy C22:1	0,22
	Nerwonowy C24:1	0,16
	Razem	53,05
PUFA	Linolowy (LA) C18:2n6c	11,75
	Eikozadienowy C20:2	0,57
	γ -linolenowy C18:3n6	0,23
	α -linoienowy C18:3n3	3,13
	Stearydonowy C18:4	0,57
	cis-8,11,14-eikozatrienowy C20:3n6	0,25
	cis-8,11,14,17-eikozatrienowy C20:3n3	0,23
	Arachidonowy C20:4n6	1,04
	cis-13,16-dokozadienowy C22:2	0,03
	Eikozapentaenowy (EPA) C20:5n3	2,28
	Dokozapentaenowy (DPA) C22:5n3	1,27
	Dokozaheksaenowy (DHA) C22:6n3	3,26
	Razem	24,61
UFA (razem)		77,66
w tym n-3 PUFA (razem)		10,74
oraz n-6 PUFA (razem)		13,87

Tabela 39. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w surowym oleju z odpadów z karp i surowych olejach rybnych dostępnych na rynku krajowym

Grupa kwasów	Kwas tłuszczowy (%)	Olej karpio	Olej rybny „1”	Olej rybny „2”
SFA	Mirystynowy C14:0	1,83	8,90	7,90
	Palmitynowy C16:0	15,16	18,10	11,00
	Stearynowy C18:0	4,73	1,30	0,60
	Razem	21,72	28,30	19,50
MUFA	Palmitooleinowy C16:1n7	7,07	7,00	10,30
	Oleinowy C18:1n9c	42,20	15,70	13,30
	Razem	49,27	22,70	13,60
PUFA	Linolowy (LA) C18:2n6c	11,75	2,80	2,90
	γ -linolenowy C18:3n6	0,23	1,30	0,60
	Eikozapentaenowy (EPA) C20:5n3	2,28	7,00	4,70
	Dokozapentaenowy (DPA) C22:5n3	1,27	0,40	0,40
	Dokozahexaenowy (DHA) C22:6n3	3,26	6,10	3,50
	Razem	18,79	17,60	12,10
UFA (razem)		77,66	71,50	79,80
w tym n-3 PUFA (razem)		10,74	14,40	8,90
oraz n-6 PUFA (razem)		13,87	3,40	3,40

Z przeprowadzonego porównania wynika, że surowy olej z odpadów z karp w porównaniu z dostępnymi na rynku olejami rybnymi, charakteryzuje wyższa zawartość mononienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA), zbliżona zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) z rodziny n-3 oraz znacznie wyższa zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) z rodziny n-6.

W tabeli 40 zamieszczono dane o zawartości witamin rozpuszczalnych w tłuszczach w surowym oleju z mieszanych odpadów z karp.

Tabela 40. Zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach w surowym oleju z odpadów mieszanych z karp

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach					
A		D		E	
$\mu\text{g/g}$	IU*	$\mu\text{g/g}$	IU*	$\mu\text{g/g}$	IU*
$9,80 \pm 1,17$	$32,65 \pm 3,90$	$0,14 \pm 0,01$	$5,48 \pm 0,20$	$61,8 \pm 2,10$	$0,09 \pm 0,00$

IU* – biologiczna jednostka aktywności witamin

Z danych literaturowych wynika, że zawartość witamin A, D i E w oleju z odpadów z karp była niższa w porównaniu z ich zawartością w olejach z innych surowców rybnych. Na przykład olej surowy z różnych odpadów rybnych zawiera $24,3 \mu\text{g/g}$ witaminy A, $0,47 \mu\text{g/g}$ witaminy D i $166,6 \mu\text{g/g}$ witaminy E (Kunachowicz i in. 2005).

Obecność witamin A, D i E w surowym oleju z mieszanych odpadów z karp korzystnie wpływa na jego wartości odżywcze.

7.2.3. Zanieczyszczenia chemiczne

Do trwałych zanieczyszczeń organicznych, które mogą występować w surowcach rybnych i produktach z nich wytwarzanych, należą m.in. pestycydy

i polichlorowane bifenyly (PCB). Związki te mogą się kumulować m.in. w tłuszczu ryb, zarówno morskich, jak i hodowlanych (Beyer i Biziuk 2007).

W tabeli 41 zamieszczono dane o zawartości zanieczyszczeń chemicznych (pestycydów i polichlorowanych bifenyli) w surowym oleju z mieszanych odpadów z karpia.

Tabela 41. Wybrane parametry chemiczne charakteryzujące stopień zanieczyszczenia surowego oleju z mieszanych odpadów z karpia

Zanieczyszczenia	Rodzaj	Zawartość (µg/g oleju)	
		Olej karpioowy	Sumaryczna wartość dopuszczalna*
Pestycydy	α-HCH	0,001	0,5
	β-HCH	0,001	
	γ-HCH	0,001	
	Suma HCH	0,003	
	HCB	0,008	
	pp-DDE	0,050	
	pp-DDD	0,010	
	pp-DDT	0,002	
	Suma DDT	0,062	
Polichlorowane bifenyly (PCB)	PCB 28	0,001	0,2
	PCB52	0,001	
	PCB101	0,005	
	PCB118	0,004	
	PCB153	0,010	
	PCB138	0,008	
	PCB 180	0,004	
	Suma PCB	0,033	

*Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 6 lutego 2012 r. w sprawie zawartości substancji niepożądanych w paszach

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 6 lutego 2012 r. w sprawie zawartości substancji niepożądanych w paszach (Dz.U. 2012, poz. 203 z późn. zm.) zawartość pestycydów (DDT) w oleju rybnym nie może być wyższa od 0,5 µg/g oleju, podczas gdy badania wykazały, że zawartość pestycydów w surowym oleju z mieszanych odpadów z karpia jest znacznie niższa i wynosi 0,062 µg/g oleju. Natomiast w przypadku polichlorowanych bifenyli (PCB) udział tych zanieczyszczeń w oleju z odpadów z karpia wyniósł 0,033 µg/g oleju (tab. 40), podczas gdy zgodnie z rozporządzeniem Komisji (UE) nr 1259/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r., będącym zmianą do rozporządzenia Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalającego najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych, maksymalna zawartość dopuszczalna wynosi 0,2 µg/g oleju.

Powyższe dane świadczą, że poziom zanieczyszczeń w postaci pestycydów i polichlorowanych bifenyli (PCB) w surowym oleju z odpadów z karpia jest znacznie niższy od dopuszczalnych poziomów dla tego typu produktów.

7.2.4. Ogólna ocena jakości surowego oleju

Dotychczas w krajowym przetwórstwie nie wytwarzano półproduktów paszowych wyłącznie z odpadów poprodukcyjnych z karpia. Z tego względu surowy olej można uznać za nowy półprodukt paszowy.

Wytworzony w warunkach produkcyjnych surowy rybny olej z odpadów z karpia może być dobrym komponentem stosowanym do natłuszczania oraz podwyższania wartości energetycznej i walorów odżywczych pasz rybno-roślinnych. Dodatek oleju rybnego powoduje, że pasze stają się mniej pyłące i są chętniej spożywane przez zwierzęta hodowlane, dzięki czemu można uzyskać lepsze przyrosty masy zwierząt i niższe zużycie mieszanek paszowych.

Istotną zaletą oleju rybnego jest wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), zwłaszcza z rodziny n-3 oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, w tym witamin: A, D i E. Ponadto zawiera on wiele makroelementów, jak wapń, fosfor i magnez oraz pierwiastki śladowe, na przykład: selen, jod, fluor, żelazo, miedź i inne.

7.2.5. Zmiany jakości oleju w normatywnych warunkach przechowywania

Jakość surowego oleju określano na podstawie oceny sensorycznej oraz oznaczeń wybranych wskaźników fizykochemicznych bezpośrednio po wyprodukowaniu oraz po 2, 4 i 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 18 - 20°C. Wyniki przedstawiono w tabeli 42.

Tabela 42. Ocena sensoryczna oleju surowego z mieszanych odpadów z karpia, przechowywanego przez 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C

Czas (m-ce)	Wyróżnik sensoryczny	Opis
0	Barwa w skali dwuchromianowej	pomarańczowa
	Przezroczystość	całkowita
	Zapach	swoisty, charakterystyczny, mało intensywny
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,6 ± 0,6
2	Barwa w skali dwuchromianowej	pomarańczowa
	Przezroczystość	całkowita
	Zapach	swoisty, charakterystyczny, mało intensywny
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,2 ± 0,4
4	Barwa w skali dwuchromianowej	pomarańczowa
	Przezroczystość	niecałkowita, dolna warstwa lekko mętna
	Zapach	swoisty, mało intensywny
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,0 ± 0,1
6	Barwa w skali dwuchromianowej	pomarańczowa
	Przezroczystość	niecałkowita, dolna warstwa lekko mętna
	Zapach	swoisty, charakterystyczny, słabo wyczuwalny tranowaty
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	3,8 ± 0,3

Z danych w tabeli wynika, że ogólna ocena jakości sensorycznej surowego oleju z odpadów z karpia po 6 miesiącach przechowywania w normatywnych warunkach

uległa obniżeniu z 4,6 pkt. (jakość ponad dobra) do 3,8 pkt. (jakość dostateczna, akceptowalna). Główną przyczyną pogorszenia jakości oleju były niekorzystne zmiany zapachu (lekko tranowaty) oraz zmiany przezroczystości oleju, spowodowane pojawieniem się zmętnienia w dolnej warstwie oleju (rys. 41).



Rys. 41. Próbką surowego oleju z odpadów z karpia po 6 miesiącach przechowywania

W tabeli 43 zamieszczono dane o wartości wybranych wskaźników fizykochemicznych oleju surowego z odpadów z karpia bezpośrednio po wyprodukowaniu (0 m-cy) oraz po 3 i 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 18 - 20°C. Wynika z nich, że wartości wybranych wskaźników fizykochemicznych surowego oleju z odpadów z karpia nie uległy istotnym zmianom przez 6 miesięcy przechowywania. W badanym okresie barwa oleju w skali jodowej była zbliżona i mieściła się w przedziale 140 - 149 mg/100 ml. Udział wody w oleju wynosił od 0,14% do 0,17%, a udział azotu w przeliczeniu na białko - od 0,13% do 0,18%, zaś substancje nierozpuszczalne w eterze naftowym stanowiły od 0,45% do 0,52%.

Tabela 43. Wartości wybranych wskaźników fizykochemicznych oleju surowego z karpi, przechowywanego w temperaturze 18 - 20°C

Czas (m-ce)	Parametr	Wartość
0	Barwa w skali jodowej (mg/100 ml)	140
	Zawartość wody (%)	0,17 ± 0,04
	Zawartość azotu w przeliczeniu na białko (%)	0,15 ± 0,07
	Substancje nierozpuszczalne w eterze naftowym (%)	0,45 ± 0,12
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	11,72 ± 0,02
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	2,59 ± 0,01
3	Barwa w skali jodowej (mg/100 ml)	149
	Zawartość wody (%)	0,14 ± 0,06
	Zawartość azotu w przeliczeniu na białko (%)	0,13 ± 0,06
	Substancje nierozpuszczalne w eterze naftowym (%)	0,51 ± 0,11
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	13,14 ± 0,04
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	6,11 ± 0,03
6	Barwa w skali jodowej (mg/100 ml)	148
	Zawartość wody (%)	0,16 ± 0,03
	Zawartość azotu w przeliczeniu na białko (%)	0,18 ± 0,02
	Substancje nierozpuszczalne w eterze naftowym (%)	0,52 ± 0,08
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	14,00 ± 0,07
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	9,04 ± 0,10

W celu określenia zmian oksydacyjnych surowego oleju przechowywanego 6 miesięcy oznaczono wartości liczby kwasowej i liczby nadtlenkowej. Badania wykazały, że zarówno wartość liczby kwasowej, jak i nadtlenkowej w oleju uległa niewielkiej zmianie i wynosiła odpowiednio: 11,72 - 14,00 mg KOH/g oleju oraz 2,59 - 9,04 mEq O₂/kg oleju. Wartości te świadczą o stosunkowo niewielkich zmianach oksydacyjnych i potwierdzają oceny jakości sensorycznej oleju przechowywanego przez 6 miesięcy, który charakteryzował jedynie lekko wyczuwalny tranowy zapach będący skutkiem autooksydacji kwasów tłuszczowych.

Badania przechowalnicze surowego oleju z mieszanych odpadów z karpia wykazały, że jego jakość określona na podstawie cech sensorycznych oraz wartości wybranych wskaźników fizykochemicznych po 6 miesiącach przechowywania w normatywnych warunkach była na poziomie dostatecznym, akceptowalnym.

7.3. Ekstrudowane roślinno-rybne mieszanki paszowe

Eksperymentalnie wyprodukowano dwie partie mieszanek paszowych z mączki z mieszanych odpadów z karpia:

- dla pstrągów, o granulkach średnicy 4 mm, z 42% zawartością mączki i wartości energetycznej powyżej 15 MJ/kg. Deklarowany udział podstawowych składników w paszy wynosił: białka powyżej 40%, tłuszczu poniżej 15%, węglowodanów powyżej 20%, popiołu powyżej 5%, zawartość chlorku sodu nie większa niż 0,2%. Składnikami roślinnymi były: gluten kukurydziany, mąka pszenna oraz premiks (mieszanina składników witaminowo-mineralnych),
- dla sumów, o granulkach średnicy 4,5 mm, z 35% zawartością mączki i wartości energetycznej powyżej 15 MJ/kg. Deklarowany udział podstawowych składników w paszy wynosił: białka poniżej 40%, tłuszczu powyżej 10%, węglowodanów

powyżej 30%, popiołu powyżej 5%, zawartość chlorku sodu nie większa niż 0,2%. Składnikami roślinnymi były: gluten kukurydziany, mąka pszenna oraz premiks.

7.3.1. Ocena jakości sensorycznej

Ocena jakości sensorycznej produktów paszowych dotyczyła ich wyglądu (struktury), barwy i zapachu. Wyniki ocen mieszanek paszowych bezpośrednio po wyprodukowaniu przedstawiono w tabeli 44.

Z danych zawartych w tabeli wynika, że właściwości sensoryczne dwóch produktów paszowych wytworzonych z mączki z odpadów z karpia były podobne. Oba produkty paszowe stanowiły twarde, nie zbrylające się granulki o barwie ciemnobrązowej lub czarnej, przy czym powierzchnia granulek dla pstrągów była błyszcząca, zaś dla sumów - matowa.

Tabela 44. Podstawowe właściwości sensoryczne mieszanek paszowych na bazie mączki z odpadów z karpia

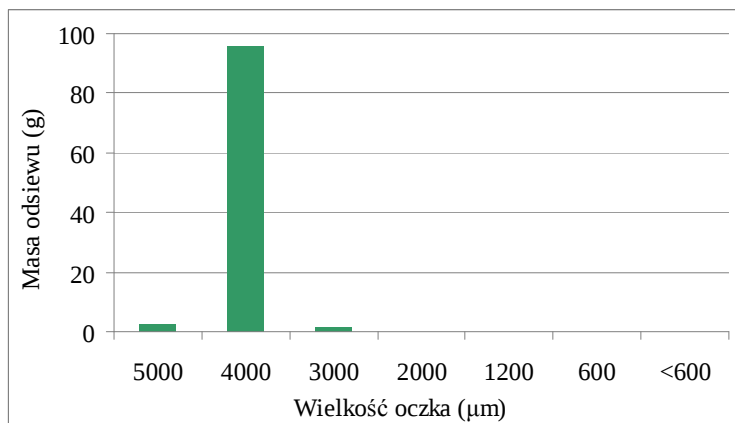
Lp.	Wymagania jakościowe wg PN-A-86852:1994P	Pasze roślinno-rybne	
		dla pstrągów	dla sumów
1.	Postać, struktura: a) sypki, jednolity b) granulki zbrylające się lub nie zbrylające się	granulki twarde, nie zbrylające się, o powierzchni błyszczącej	granulki twarde, nie zbrylające się, o powierzchni matowej
2.	Barwa a) jasna, kremowa, b) brązowoszara, c) ciemnobrązowa, d) inna barwa	czarna	ciemnobrązowa
3.	Zapach a) swoisty, charakterystyczny, rybny b) nieswoisty, obcy: jełki, stęchły, tranowaty c) inny zapach	swoisty, rybi, intensywny	swoisty, dość intensywny
4.	Ogólna ocena jakości sensorycznej a) Bardzo dobra (5,0 pkt.) b) Dobra (4,0 pkt.) c) Dostateczna (3,0 pkt.) d) Niedostateczna (2,0 pkt.) e) Dyskwalifikująca (1,0 pkt.)	4,5 ± 0,2	4,2 ± 0,4

Na podstawie zamieszczonych w tabeli wyników ocen sensorycznych obu mieszanek paszowych stwierdzono, że ich jakość bezpośrednio po wyprodukowaniu była na poziomie ponad dobrym. W obu produktach nie stwierdzono obecności zanieczyszczeń fizycznych.

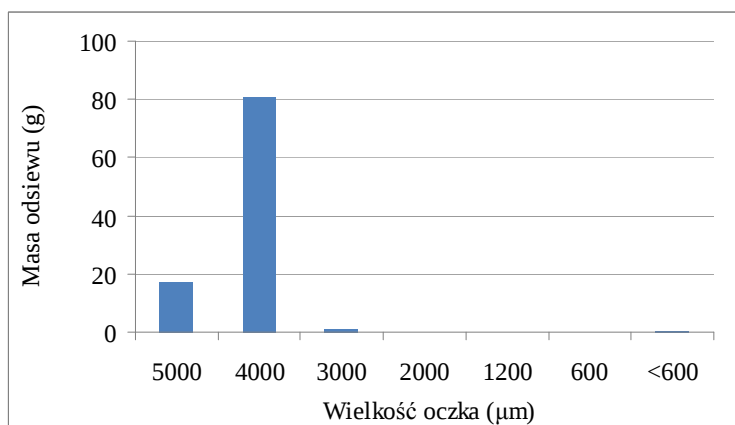
7.3.2. Wskaźniki fizykochemiczne

Wskaźniki fizyczne

Na rysunkach 42 i 43 przedstawiono wyniki analizy sitowej obu wyprodukowanych mieszanek paszowych.



Rys. 42. Wyniki analizy sitowej paszy dla pstrągów



Rys. 43. Wyniki analizy sitowej paszy dla sumów

Analiza sitowa wykazała, że największą frakcję w obu produktach paszowych z mączki z odpadów z karpia stanowiły granulki zatrzymane na sicie o średnicy oczek 4000 μm, przy czym w paszy przeznaczonej dla pstrągów stanowiły one 95,7% masy, zaś w paszy dla sumów - 80,9%. Drugą co do wielkości frakcją były granulki zatrzymane na sicie o średnicy oczek 5000 μm. W paszy dla pstrągów ich udział wyniósł 2,4% masy, a w paszy dla sumów - 17,3%. Cząstki zatrzymane na sitach o średnicy oczek poniżej 4000 μm, zarówno w paszach dla pstrągów, jak i dla sumów stanowiły ogółem 1,8%. Oba produkty paszowe charakteryzowały się bardzo zbliżoną wielkością granulek, przy czym pasza dla pstrągów w porównaniu z paszą dla sumów była bardziej jednolita pod względem wielkości granulek.

Masa nasypowa paszy dla pstrągów wynosiła $58 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$, a paszy dla sumów - $57,3 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$. Wartości te pozwalają obie pasze zaliczyć do pasz wolno tonących (Riaz 2009).

Wskaźniki chemiczne

W tabelach 45 i 46 zamieszczono dane o składzie chemicznym surowca (odpadów mieszanych z karpia), mączki i z niej wyprodukowanych pasz.

Tabela 45. Skład chemiczny odpadów mieszanych z karpia, mączki i paszy dla pstrągów (%)

Składnik	Surowiec	Mączka	Mieszanka paszowa
Woda	$68,22 \pm 0,59$	$9,13 \pm 0,18$	$11,74 \pm 0,17$
Białko (N·6,25)	$11,78 \pm 0,13$	$59,28 \pm 0,13$	$41,31 \pm 0,13$
Tłuszcz	$15,56 \pm 0,68$	$13,34 \pm 0,16$	$14,24 \pm 0,13$
Popiół	$4,14 \pm 0,22$	$17,25 \pm 0,29$	$7,16 \pm 0,04$
NaCl	$0,28 \pm 0,06$	$0,95 \pm 0,11$	$0,17 \pm 0,09$
Węglowodany	-	-	$25,35 \pm 0,06$

Tabela 46. Skład chemiczny odpadów mieszanych z karpia, mączki i paszy dla sumów (%)

Składnik	Surowiec	Mączka	Mieszanka paszowa
Woda	$68,22 \pm 0,59$	$9,13 \pm 0,18$	$9,08 \pm 0,04$
Białko (N·6,25)	$11,78 \pm 0,13$	$59,28 \pm 0,13$	$39,75 \pm 0,25$
Tłuszcz	$15,56 \pm 0,68$	$13,34 \pm 0,16$	$12,09 \pm 0,04$
Popiół	$4,14 \pm 0,22$	$17,25 \pm 0,29$	$7,71 \pm 0,04$
NaCl	$0,28 \pm 0,06$	$0,95 \pm 0,11$	$0,12 \pm 0,04$
Węglowodany	-	-	$31,15 \pm 0,06$

Dane te pozwalają określić, jak zmienił się skład chemiczny surowca na poszczególnych etapach produkcji paszy ekstrudowanej. W procesie wytwarzania obu mieszanek paszowych ich skład został wzbogacony o węglowodany dzięki dodatkowi komponentu roślinnego.

7.3.3. Wartość energetyczna

W tabeli 47 zamieszczono ogólną charakterystykę wartości odżywczych i energetycznych wyprodukowanych eksperymentalnie ekstrudowanych mieszanek paszowych dla pstrągów i sumów, wytworzonych z mieszanych odpadów z karpia.

Tabela 47. Charakterystyka wartości odżywczych i energetycznych mieszanek paszowych wytworzonych z mieszanych odpadów z karpia

Składnik	Mieszanka dla pstrągów	Mieszanka dla sumów
Białko (%)	41,3	39,8
Tłuszcz (%)	14,2	12,1
Popiół (%)	7,2	7,7
Włókno (%)	2,0	5,0
Węglowodany (%)	25,4	31,2
Fosfor (%)	1,0	1,2
Wapń (mg/kg)	21490	21490
Sód (mg/kg)	6422	6422
Witamina E (mg/kg)	170,0	160
Witamina A (j. m./kg)	11000	12000
Witamina D (j.m./kg)	3500	1500
Energia całkowita (MJ/kg)	16,5	16,4
Energia strawna (MJ/kg)	14,9	14,8

Z danych w tabeli 47 wynika, że energia całkowita i energia strawna mieszanek paszowych z produkcji eksperymentalnej są nieco niższe niż pasz oferowanych przez wyspecjalizowanych producentów. Jednakże wartość obu parametrów można zwiększyć do żądanego poziomu wprowadzając do procesu produkcji odpowiednie dodatki.

7.3.4. Ogólna ocena jakości mieszanek paszowych

Badania i oceny wykazały, że jakość sensoryczna i właściwości fizykochemiczne ekstrudowanych mieszanek paszowych z mączki z mieszanych odpadów z karpia opowiadają wymaganiom stawianym dla tego typu produktów. Energia całkowita i energia strawna, nieco niższe niż pasz spotykanych na rynku, mogą być zwiększone do żądanego poziomu poprzez zastosowanie odpowiednich dodatków.

7.3.5. Zmiany jakości mieszanek paszowych w normatywnych warunkach przechowywania

Zmiany jakości określono na podstawie oceny jakości sensorycznej oraz oznaczeń wybranych wskaźników chemicznych w mieszankach paszowych przechowywanych przez 6 miesięcy w normatywnych warunkach. Próby produktów paszowych były magazynowane w suchym, zaciemnionym pomieszczeniu, zabezpieczonym przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych, w temperaturze 18 - 20°C.

W tabeli 48 zamieszczono wyniki ocen jakości sensorycznej produktów paszowych z mieszanych odpadów z karpia, przechowywanych 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C. Wyniki wskazują, że przez 6 miesięcy przechowywania w warunkach normatywnych, postać (struktura) oraz barwa mieszanek paszowych z odpadów z karpia nie uległa widocznym zmianom. Natomiast niewielkim zmianom ulegał zapach produktów paszowych. Na przykład zapach mieszanki dla pstrągów zmienił się z intensywnego, swoistego, rybiego na swoisty, mało intensywny, zaś mieszanki dla sumów - ze swoistego dość intensywnego do swoistego nikłego. W okresie przechowywania nie stwierdzono obecności szkodników zbożowo-mącznych lub zanieczyszczeń mechanicznych mogących negatywnie wpłynąć na stan zdrowia ryb hodowlanych. Oceny wykazały, że po 6 miesiącach przechowywania w normatywnych

warunkach, ogólna jakość sensoryczna paszy dla pstrągów była na poziomie dobrym (4,0 pkt.), zaś paszy dla sumów była na poziomie nieco niższym (3,9 pkt.).

Tabela 48. Wyniki ocen jakości sensorycznej mieszanek paszowych przechowywanych 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C

Czas (m-ce)	Cecha	Mieszanki paszowe	
		dla pstrągów	dla sumów
0	Postać, struktura	granulki błyszczące, twarde, nie zbrylające się	granulki matowe, dość twarde, nie zbrylające się
	Barwa	czarna	ciemnobrązowa
	Zapach	swoisty, rybi, intensywny	swoisty, dość intensywny
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,5 ± 0,2	4,2 ± 0,4
2	Wygląd ogólny	granulki błyszczące, twarde, nie zbrylające się	granulki matowe, dość twarde, nie zbrylające się
	Barwa	czarna	ciemnobrązowa
	Zapach	swoisty, rybi, intensywny	swoisty, dość intensywny
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,3 ± 0,3	4,0 ± 0,1
4	Wygląd ogólny	granulki błyszczące, twarde, nie zbrylające się	granulki matowe, dość twarde, nie zbrylające się
	Barwa	czarna	ciemnobrązowa
	Zapach	swoisty, rybny, intensywny,	swoisty, mało intensywny
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,1 ± 0,2	4,0 ± 0,3
6	Wygląd ogólny	granulki błyszczące, twarde, nie zbrylające się	granulki matowe, dość twarde, nie zbrylające się
	Barwa	czarna	ciemnobrązowa
	Zapach	swoisty, dość intensywny	swoisty, nikły
	Obecność zanieczyszczeń mechanicznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Obecność szkodników zbożowo-mącznych	nie stwierdzono	nie stwierdzono
	Ogólna ocena jakości sensorycznej (pkt)	4,0 ± 0,3	3,9 ± 0,2

W tabeli 49 zamieszczono wartości wybranych wskaźników chemicznych w przechowywanych mieszankach paszowych.

Tabela 49. Wartości wybranych wskaźników chemicznych w mieszankach paszowych z odpadów z karpi, przechowywanych 6 miesięcy w temperaturze 18 - 20°C

Czas (m-ce)	Oznaczenie	Produkty paszowe	
		MPP	MPS
0	Woda (%)	9,31 ± 0,16	9,08 ± 0,04
	Białko (N·6,25) (%)	42,63 ± 0,06	39,75 ± 0,25
	Tłuszcz (z hydrolizą) (%)	18,10 ± 0,25	12,09 ± 0,04
	Popiół (%)	6,90 ± 0,08	7,93 ± 0,04
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	15,04 ± 0,11	16,02 ± 0,08
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	5,43 ± 0,09	10,24 ± 0,10
3	Woda (%)	9,75 ± 0,12	9,20 ± 0,07
	Białko (N·6,25) (%)	41,12 ± 0,11	40,14 ± 0,14
	Tłuszcz (z hydrolizą) (%)	17,92 ± 0,13	12,56 ± 0,05
	Popiół (%)	6,82 ± 0,05	8,04 ± 0,06
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	-	-
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	-	-
6	Woda (%)	9,78 ± 0,10	9,32 ± 0,12
	Białko (N·6,25) (%)	42,02 ± 0,12	39,01 ± 0,21
	Tłuszcz (z hydrolizą) (%)	17,82 ± 0,21	12,41 ± 0,17
	Popiół (%)	6,56 ± 0,04	7,79 ± 0,14
	Liczba kwasowa (mg KOH/g oleju)	18,00 ± 0,16	22,02 ± 0,30
	Liczba nadtlenkowa (mEq O ₂ /kg oleju)	17,89 ± 0,12	15,26 ± 0,15

Z danych w tabeli 49 wynika, że wartości wybranych wskaźników chemicznych (wody, białka, tłuszczu i popiołu) w okresie przechowywania nie uległy istotnym zmianom.

Oceny sensoryczne oraz oznaczania wybranych wskaźników chemicznych wykazały, że podczas 6-miesięcznego przechowywania w normatywnych warunkach jakość ogólna eksperymentalnie wyprodukowanych mieszanek paszowych z mieszanych odpadów z karpi utrzymywała się na poziomie dość dobrym lub dobrym.

8. Podsumowanie

Przeprowadzono badania jakościowe, w tym właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mączki rybnej wytworzonej z odpadów poprodukcyjnych z karpi, które wykazały, że może być ona dobrym półproduktem paszowym dla zwierząt hodowlanych. Jakość tego półproduktu paszowego utrzymywała się na poziomie dobrym co najmniej przez 6 miesięcy przechowywania w normatywnych warunkach.

Również surowy olej z odpadów z karpi może być dobrym komponentem stosowanym do produkcji rybno-roślinnych mieszanek paszowych. Istotną jego zaletą jest wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), zwłaszcza z rodziny n-3 oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, w tym witamin A, D i E. Ponadto surowy olej z odpadów z karpi zawiera wiele makroelementów, jak wapń, fosfor i magnez oraz pierwiastków śladowych, między innymi selen, jod, fluor, żelazo, miedź i inne. Okres trwałości surowego oleju z odpadów z karpi, w normatywnych warunkach przechowywania, wynosi co najmniej 6 miesięcy.

Wyprodukowane z odpadów z karpi ekstrudowane roślinno-rybne mieszanki paszowe, przeznaczone dla pstrągów i sumów, pod względem jakości sensorycznej, właściwości fizykochemicznych spełniają wymagania dotyczące tego typu produktów paszowych. Ich wartość energetyczna jest nieco niższa niż pasz spotykanych na rynku, jednakże można ją w procesie produkcji zwiększyć poprzez wprowadzenie odpowiednich dodatków. Jakość mieszanek paszowych podczas 6 miesięcy przechowywania w normatywnych warunkach utrzymywała się na poziomie dobrym.

Opracowane technologie wytwarzania nowych półproduktów i produktów paszowych wyłącznie z odpadów pochodzących z obróbki wstępnej karpi, są nowatorską koncepcją ich kompleksowego zagospodarowania. Wyprodukowanie w warunkach przemysłowych próbnych partii tych wyrobów wskazuje na możliwość wdrożenia tych technologii w zakładach przemysłu paszowego.

Literatura

1. Adamkiewicz W. 1973. Maszyny i urządzenia przetwórstwa rybnego. Wydawnictwo Morskie. Gdańsk.
2. Adams C. 1993. Extrusion – stable flavors. *Petf. Ind.* V 2: 31-33.
3. Agromec. 2013. [http://www.agromec.pl/index,6,1,maczka_rybna_70-72_dunska.htm].
4. Akdogan H. 1999. High moisture food extrusion. *International Journal of Food Science and Technology*. 34, 195-207.
5. Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. 2009. Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków.
6. BAS-Pol. 2013. [http://www.bas-pol.pl/maczka_rybna.html].
7. Beyer A., Biziuk M. 2007. Przegląd metod oznaczania pozostałości pestycydów i polichlorowanych bifenyli w próbkach żywności. *Ecological Chemistry and Engineering*. T.14, Nr S3: 35-58.
8. Błaziak S. 1989. Technologia produkcji i właściwości fizyczne pasz dla narybku karpia. *Biuletyn Informacyjny Przemysłu Paszowego*, 3/4.
9. BN-79/8028-02 Surowce uboczne pochodzenia rybnego. Surowce rybne paszowe.
10. Borgstrom G. 1962. Fish as Food. Nutrition, Sanitation and Utilization. Vol. II. Academic Press. New York and London.
11. Borgstrom G. 1965. Fish as Food. Vol. III. Academic Press. New York and London.
12. Boruch M., Król. B. 1993. Procesy technologii żywności. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej. Łódź.
13. Czyżyk F. 2010. Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz zalecanego postępowania z odpadami w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym. Praca zbiorowa pod redakcją prof. dr. hab. inż. F. Czyżyka. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Warszawa.
14. Daun H. 1994. Podstawy naukowe projektowania asortymentowego (FDP). Materiały konferencyjne Polsko-Amerykańskiej Szkoły Letniej „Food Product Development”, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań.
15. Dutkiewicz D., Dowgiałło A. 2005. Możliwość wykorzystania świeżych surowców rybnych do wytwarzania wysokobiałkowych pasz metodą ekstruzji. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 11 (71): 95-99.
16. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) (Dz.U. L 334 z 17.12.2010, str. 17-119 z późn. zm.).
17. Fatychov J. A., Kopeć A., Dutkiewicz D. 2011. Badania próżniowego suszenia kości ryb w procesie produkcji mineralnych dodatków do żywności. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1: 60-65.
18. Filipiak J. 1997. Podstawowe zasady żywienia karpia. Białko i lipidy w żywieniu karpia. Materiały II Konferencji Hodowców Karpia. Wadowice-Zator. 12-14.03.1997, 105-117.
19. Gawęcka J., Jędryka T. 2001. Analiza sensoryczna. Wybrane metody i przykłady zastosowań. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu. Poznań.

20. Grochowicz J. (red.) 1998b. Zaawansowane techniki wytwarzania przemysłowych mieszanek paszowych. Pagros. Lublin, 137-150.
21. Grochowicz J. (red.) 2001. Karma dla psów, kotów, innych małych zwierząt i ryb. PAGROS s. c. Lublin, 137-150.
22. Grochowicz J. 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
23. Grochowicz J. 1998a. Ekstruzja w przetwórstwie paszowym. Pasze Przemysłowe, 2, 33-36.
24. Gurgul E., Kielesińska A. 2001. Technologia i organizacja przemysłu spożywczego. Politechnika Częstochowska, Częstochowa.
25. Kiliński A. 1976. Przemysłowe procesy realizacji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
26. Kołakowska A., Kołakowski E. 2001. Szczególne właściwości żywieniowe ryb. Przemysł Spożywczy, 6 (55): 10-13.
27. Kołakowski E. 1984. Technologia mrożonych przetworów rybnych. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk.
28. Kołodziej K. 2007. Ocena ilości, rodzaju i wykorzystania odpadów rybnych powstających w przemyśle rybnym w Polsce. Wiadomości Rybackie, 9-10 (07): 21-24.
29. Koreleski J., Świątkiewicz S. 2013. Tłuszcze (oleje) rybne jako źródło nienasyconych kwasów tłuszczowych w produktach drobiarskich. Indyk Polski. 3/2013: 23-25.
30. Krzywiński T., Tokarczyk G. 2011. Białka zwierzęce w produktach ekstrudowanych. Gospodarka Mięsna, T. 63 nr 12: 22-26
31. Kunachowicz H., Czarnowska-Misztal E., Turlejska H. 2007. Zasady żywienia człowieka. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
32. Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K. 2005. Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
33. Lempka A. 1975. Towaroznawstwo produktów spożywczych. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
34. Łuczyńska J., Tońska E., Borejszo Z. 2011. Zawartość makro- i mikroelementów oraz kwasów tłuszczowych w mięśniach łososia (*Salmo salar* L.), pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) i karpia (*Cyprinus carpio* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3 (76): 162-172.
35. Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A. 2007. Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa
36. New M. B. 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. <http://www.fao.org/docrep/S4314E/S4314E00.htm>.
37. Pałacha Z., Sitkiewicz I. 2010. Właściwości fizyczne żywności. Praca zbiorowa pod red. Z. Pałachy i I. Sitkiewicz. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
38. Pijanowski E., Dłużewski M. 2004. Ogólna technologia żywności. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
39. PN-A-86750:1996P Ryby i inne zwierzęta wodne. Ryby słodkowodne świeże i mrożone.
40. PN-A-86770:1999P Ryby i przetwory rybne. Terminologia.
41. PN-A-86791:1995P Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych. Oznaczanie lotnych zasad amonowych.

42. PN-A-86852:1994P Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych. Mączka rybna.
43. PN-EN 14084:2004P Artykuły żywnościowe. Oznaczanie pierwiastków śladowych. Oznaczanie zawartości ołowiu, kadmu, cynku, miedzi i żelaza metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) po mineralizacji mikrofalowej.
44. PN-EN ISO 3960:2012P Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenczkowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego.
45. PN-EN ISO 5983-1:2006P + AC:2009P Pasze. Oznaczanie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka ogólnego. Część 1: Metoda Kjeldahla.
46. PN-EN ISO 660:2010P Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
47. PN-R-64798:2009P Pasze. Oznaczanie rozdrobnienia.
48. PN-R-64806:1997P Pasze. Tłuszcze paszowe.
49. Polak-Juszczak L. 2007. Składniki mineralne w przetworzonej żywności pochodzenia morskiego. *Inżynieria Rolnicza*, 5(93), Kraków.
50. Praca zbiorowa. 1978. *Encyklopedia Techniki. Przemysł Spożywczy*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, Warszawa.
51. Przybył A. 1997. Przydatność wybranych zabiegów technologicznych w wytwarzaniu pasz dla ryb. Materiały II Konferencji Hodowców Karpia. Wadowice-Zator. 12-14.03: 99-104.
52. Puchała R., Pilarczyk M. 2007. Wpływ żywienia na skład chemiczny mięsa karpia. *Inżynieria Rolnicza*, 5(93): 363-368.
53. Riaz M. N. 2009. Advances in aquaculture feed extrusion. W: 17th Annual ASAIM SEA Feed Technology and Nutrition Workshop, Hue, Vietnam.
54. Rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002 r. ustanawiające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi (Dz.U. L 273 z 10.10.2002, str. 1-95 z późn. zm.).
55. Rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 1997 r. dotyczące nowej żywności i nowych składników żywności (Dz.U. L 43 z 14.2.1997, str. 1-6 z późn. zm.).
56. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1259/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów dioksyn, polichlorowanych bifenyli o działaniu podobnym do dioksyn i polichlorowanych bifenyli o działaniu niepodobnym do dioksyn w środkach spożywczych (Dz.U. L 320 z 3.12.2011, str. 18-23 z późn. zm.).
57. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, oraz w sprawie wykonania dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach w myśl tej dyrektywy (Dz.U. L 54 z 26.2.2011, str. 1-254 z późn. zm.).
58. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz.U. L 364 z 20.12.2006, str. 5-24 z późn. zm.).

59. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 93/2005 z dnia 19 stycznia 2005 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady w zakresie przetwarzania produktów ubocznych otrzymywanych z ryb oraz dokumentów handlowych dotyczących transportu produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego (Dz.U. L 19 z 21.1.2005, str. 34-39).
60. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 6 lutego 2012 r. w sprawie zawartości substancji niepożądanych w paszach (Dz.U. 2012, poz. 203 z późn. zm.).
61. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz. U. z 2006 r. Nr 49, poz. 356).
62. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie listy rodzajów odpadów, które posiadacz odpadów może przekazywać osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym nie będącym przedsiębiorcami oraz dopuszczalnych metod ich odzysku (Dz. U. z 2006 r. Nr 75, poz. 527 z późn. zm.).
63. Sikorski Z. E. 1980. Technologia żywności pochodzenia morskiego. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa
64. Sikorski Z. E. 1994. Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności [praca zbiorowa]. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
65. Sikorski Z. E. 2004. Ryby i bezkręgowce morskie. Pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
66. Skąlecki P., Florek M., Litwińczuk A., Staszowska A., Kaliniak A. 2013. Wartość użytkowa i skład chemiczny mięsa karpia (*Cyprinus carpio* L.) i pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) pozyskanych z gospodarstw rybackich regionu lubelskiego. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, t. 9, nr 2: 57-62.
67. Sparre T. 1965. Fish meal: manufacture, properties and utilization. In: Fish as food. Ed. G. Borgstrom. Vol. 3. New York. Academic Press.
68. Steffens W. 1986. Intensywna produkcja ryb. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
69. Toppe J., Albreksten S., Hope B., Aksnes A. 2007. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. Comparative Biochemistry and Physiology. Part B 146: 395-401.
70. Ustawa z dnia 22 lipca 2006 r. o paszach (Dz.U. 2006, nr 144, poz. 1045 z późn. zm.).
71. Usydus Z. 2005. Mączka rybna i olej rybny w żywieniu świń. Trzoda Chlewna Nr 10: 63-67.
72. Usydus Z., Dobrzyński Z. 2007. Study on the purification of raw fish oils. Chemistry and biochemistry in the agricultural production, environment protection, human and animal health. In: Chemistry for Agriculture, Czech-Pol-Trade Prague-Brussels, vol. 8: 280-286.
73. Wianiecki M. 1999. Ekstruzja – przykłady zastosowań. Magazyn Przemysłu Spożywczego, 3: 26-27.
74. Zaitsew W., Kizewetter I., Lagunow L., Makarowa T., Minder L., Podsewalow W. 1969. Fish Curing and Processing. MIR PUBLISHERS MOSCOW.
75. Zaleski S. J. 1978. Mikrobiologia żywności pochodzenia morskiego. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk.

76. Zawiślak K. 1996. Czynniki wpływające na jakość granulatu. Pasze Przemysłowe, 2/3: 15-16.