

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

TECHNOLOGY OF HYDROCOLE PROCESSING

Научная статья
УДК 664.8:63.83.52:62.503.56
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-134-144>

Высокотехнологичные приемы переработки рыбного сырья, выращенного в Астраханской области

*Светлана Васильевна Золотокопова¹✉, Геннадий Иванович Касьянов²,
Екатерина Юрьевна Лебедева³, Аилица Рашидовна Айналиева⁴*

^{1,3,4}Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, zolotokopova@mail.ru ✉

²Кубанский государственный технический университет,
Краснодар, Россия

Аннотация. Проанализирован современный уровень развития технологии переработки рыбного сырья. Предложен к внедрению ряд высокотехнологичных процессов, связанных с глубокой переработкой объектов аквакультуры (веслоноса, клариевого сома и тиляпии), выращенных в Астраханской области, в установках замкнутого водоснабжения. Исследован химический состав мышечной ткани рыб. Разработан способ снижения микробной обсемененности сырья с помощью электромагнитного поля низкой частоты. Адаптированы к реальным производственным условиям способы электрофизической и газожидкостной обработки сырья. Апробированы способы переработки вторичных рыбных ресурсов на пищевую рыбную муку и рыбий жир, с использованием газожидкостных технологий. Предложены способы обработки воды и мышечной ткани рыбного сырья электромагнитными и газожидкостными способами. Исследован химический состав рыбопродуктивных паштетов, обогащенных CO₂-экстрактами.

Ключевые слова: веслонос, клариевый сом, тиляпия, химический состав, переработка вторичных ресурсов

Для цитирования: Золотокопова С. В., Касьянов Г. И., Лебедева Е. Ю., Айналиева А. Р. Высокотехнологичные приемы переработки рыбного сырья, выращенного в Астраханской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 4. С. 134–144. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-134-144>.

Original article

High-technology methods of processing fish raw materials farmed in Astrakhan region

*Svetlana V. Zolotokopova¹✉, Gennady I. Kasyanov²,
Ekaterina Yu. Lebedeva³, Ailida R. Ainalieva⁴*

^{1,3,4}Astrakhan State Technical University
Astrakhan, Russia, zolotokopova@mail.ru ✉

²Kuban State Technical University,
Krasnodar, Russia

Abstract. The modern level of development of fish processing technology is analyzed. A number of high-tech processes related to deep processing of aquaculture objects (paddlefish, clary catfish and tilapia), grown in the Astrakhan

region, in closed water supply installations, have been proposed for implementation. The chemical composition of fish muscle tissue has been studied. A method has been developed to reduce the microbial contamination of raw materials using a low-frequency electromagnetic field. Methods of electrophysical and gas-liquid processing of raw materials have been adapted to real production conditions. Methods for processing secondary fish resources into edible fish meal and fish oil have been tested using gas-liquid technologies. Methods for processing water and muscle tissue of fish raw materials by electromagnetic and gas-liquid methods are proposed. The chemical composition of fish pates enriched with CO₂-extracts was investigated.

Keywords: paddlefish, clary catfish, tilapia, chemical composition, processing of secondary resources

For citation: Zolotokopova S. V., Kasyanov G. I., Lebedeva E. Yu., Ainalieva A. R. High-technology methods of processing fish raw materials farmed in Astrakhan region. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2021;4:134-144. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-134-144>.

Введение

В последние годы обозначены новые горизонты в исследованиях по выращиванию и переработке продукции аквакультуры в Астраханской области и Краснодарском крае. Формирование оптимального сбалансированного состава продуктов питания на рыбной основе предполагает глубокий анализ составных компонентов сырья [1]. Высокая пищевая и биологическая ценность рыбы и морепродуктов позволяет изготавливать специализированные продукты питания для различных возрастных групп населения [2]. В общий классификатор рыбной продукции входит рыба охлажденная, замороженная, соленая, маринованная, сушеная, вяленая, копченая и консервированная (консервы, пресервы) [3]. В перечень рыб, пригодных для выращивания в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), включают атлантического лосося, баррамунди, морской язык, рыб осетровых пород, радужную форель, клариевого сома, тилапию, веслоноса, угря. Их можно использовать для производства комбинированных рыбопродуктов фаршированных продуктов и продукции с ароматом копчения [4]. При изготовлении копченой рыбопродукции важно учитывать экологические характеристики – минимальное содержание канцерогенных веществ копильного дыма [5].

Специалисты кафедры технологии товаров и товароведения Астраханского государственного технического университета (АГТУ) предложили варианты использования копильных жидкостей взамен горячего и холодного копчения. С целью получения рыбного сырья с гарантированным содержанием эссенциальных микроэлементов используют способ включения в состав кормов для рыб неорганических солей йода, кобальта, марганца, селена и цинка [6, 7]. Сотрудники Инновационного центра и лаборатории «Физиология питания рыб» АГТУ установили возможность усиления антиоксидантной активности печени гибрида тилапии за счет включения в состав кормов экстракта сапропеля [8].

Все большее распространение получает производство рыбных продуктов функциональной направленности – фаршей, снеков, сухих завтраков из мышечной ткани карпа румынского, сазана прудового, клариевого сома [9, 10]. Комплексная пе-

реработка вторичных ресурсов рыбного сырья позволяет дополнительно к основной продукции выпускать рыбий жир, желатин и коллаген [11, 12]. Усовершенствованная технология выращивания рыб в УЗВ позволяет увеличить объемы и ассортимент выпускаемой рыбной продукции [13, 14]. На основании обзора мировых тенденций здорового питания разработана макронутриентная схема содержания пищевых компонентов в рыбном сырье [15]. Обзор научно-технической литературы позволил определить основные пути интенсификации процессов переработки рыбного сырья.

Целью исследований является анализ современного состояния технологии переработки рыбного сырья. К задачам исследования относится использование высокотехнологичных приемов переработки рыбного сырья, выращенного в УЗВ.

Постановка задачи определена темой исследования в рамках разработки инновационных технологичных приемов переработки рыбы и разработки рецептур рыбопродуктов, обогащенных натуральными пищевыми добавками в виде CO₂-экстрактов и CO₂-шротов.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны североамериканский веслонос, клариевый (африканский) сом и тилапия красная (гибрид нильской и мозамбикской тилапии), выращиваемые в Володарском и Икрянинском районах Астраханской области.

Определение химического состава рыбного сырья, пищевых добавок и готовой продукции выполнялось традиционными методами анализа и прописями Госфармакопеи.

Содержание малонового диальдегида (МДА) определяли методом капиллярного электрофореза. Методика основана на образовании окрашенных соединений при реакции МДА с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Предварительно из липидсодержащего рыбного продукта на лабораторной установке извлекали CO₂-экстракт, к которому добавляли 1,2 см³ 0,5 % ТБК в 20 %-й трихлоруксусной кислоте. Смесь инкубировали, охлаждали, центрифугировали и определяли оптическую плотность при 532 и 600 нм. Расчет проводили по традиционной методике.

Zolotokopova S. V., Kasyanov G. I., Lebedeva E. Yu., Ainalieva A. R. High-technology methods of processing fish raw materials farmed in Astrakhan region

Определение содержания белка, жира и минеральных веществ в рыбных продуктах определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области по ГОСТ 31795-2012 «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области».

Использование высокотехнологичных процессов и аппаратов для переработки рыбного сырья, выращенного в УЗВ, позволяет создавать инновационные перерабатывающие технологии. На рис. 1 приведена схема комплекса процессов и аппаратов для совершенствования технологических процессов.

Золотокопова С. В., Касьянов Г. И., Лебедева Е. Ю., Айналыева А. Р. Высокотехнологичные приемы переработки рыбного сырья, выращенного в Астраханской области

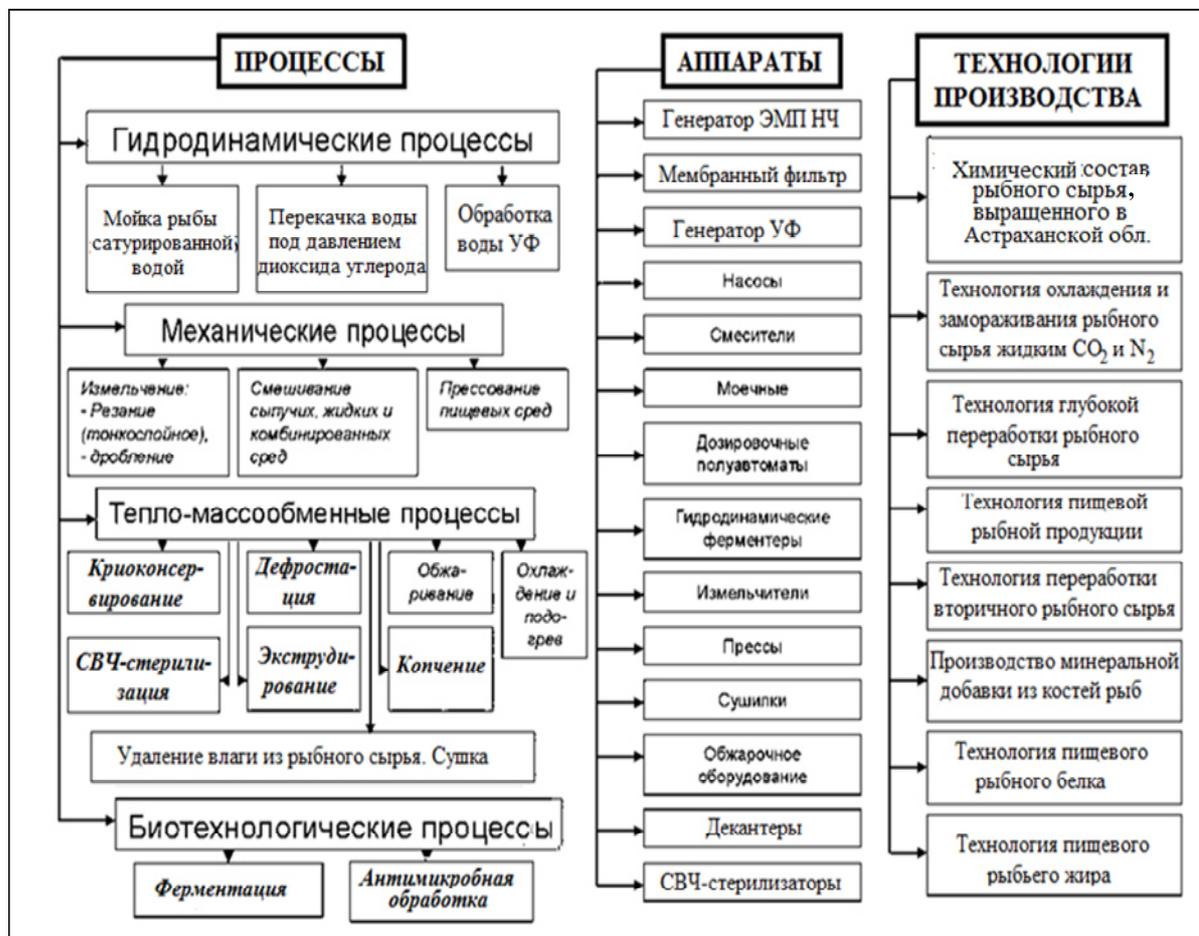


Рис. 1. Схема комплекса процессов и аппаратов для совершенствования технологических процессов

Fig. 1. Diagram of processes and apparatus for improving technological processes

Результаты исследования

Апробирована усовершенствованная технология производства рыбопродуктов на основе мышечной ткани веслоноса, клариевого сома и тиляпии.

Обработка сырья электромагнитным полем и сжиженным газом. Для снижения уровня микробной обсемененности емкостей для выращивания и перевозки рыбы, оборотной воды и инвентаря предложено использовать обработку электромагнитным полем низкой частоты. Установлено, что электромагнитное поле существенно влияет на вирулентность микроорганизмов. На кафедре «Технология продуктов питания животного происхождения» Ку-

банского государственного технического университета (КубГТУ) разработана установка для обработки биологических сред низкочастотным электромагнитным полем (ЭМП НЧ) и режимы воздействия на микрофлору сырья. Получена новая информация об эффективности электромагнитного воздействия на объекты в УЗВ в диапазоне от 12 до 48 Гц. Инактивация бактерий *Vibrio parahaemolyticus* при концентрации 10⁵ КОЕ/мл происходит в течение 30 минут обработки. Общие закономерности воздействия ЭМП НЧ на микроорганизмы еще не установлены.

В КубГТУ плодотворно работает научно-педагогическая школа по обработке сельскохозяйственного сырья сжиженными и сжатыми газами.

Для обогащения рыбопродуктов предложено использовать уникальные пищевые добавки, извлекаемые из растительного и животного сырья жидким диоксидом углерода. Процесс извлечения ценных компонентов из растительного

сырья осуществляется при температуре от 14 до 24 °С и давлении 4 964–6 289 кПа. На рис. 2 приведены направления исследований по обработке воды и рыбного сырья электромагнитными и газожидкостными способами.



Рис. 2. Направления исследований по обработке воды и рыбного сырья электромагнитным полем низкой частоты (НЧ) и крайне низкой частоты (КНЧ), а также диоксидом углерода

Fig. 2. Research areas for water treatment and fish raw materials by an electromagnetic field of low (НЧ) and extremely low (КНЧ) frequency, as well as carbon dioxide

Представленные на рис. 2 способы обработки воды и рыбного сырья относятся к новым, прорывным технологиям.

В КубГТУ разработан способ холодной стерилизации объектов с помощью ЭМП НЧ. При выполнении исследований использовали генератор ЭМП НЧ марки GAG-810, работающий в диапазоне от 10 Гц до 1 МГц.

Особенности обработки ЭМП НЧ разнообразных объектов для выращивания рыбы основаны на отклике физических и биологических сред на воздействие электромагнитного поля определенной частоты и напряженности. Водная среда, входящая в состав микроорганизмов, как открытая неравновесная система, имеет электропроводность σ и магнитную восприимчивость χ с квазистационарным градиентом концентраций ∇C 22 м⁻⁴ (моль/м⁴ или кг/м⁴) и электрическими токами j , А/м. При этом возможно возникновение объемных зарядов плотностью ρ 1–10 мА/см².

Для определения напряженности магнитного поля, влияющего на клетку, использовали уравнение

$$H_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{n=3} H_{=,n} n[1 + k_n f_n(t)], \quad (1)$$

где напряженность поля $H_{=,n}$ определяется как амплитуда поля.

Токи экзогенной природы генерируются в объеме клетки с плотностью

$$j_{\text{экз}} \cong \sigma_0 \sum_{n=1}^n E_n. \quad (2)$$

При общей плотности зарядов в единице объема клетки формула (2) будет иметь вид

$$j_{\Sigma} = j_{\text{энд}} + \sigma_0 \sum_{n=1}^n E_n, \quad (3)$$

где $j_{\text{энд}}$ – величина тока, А; σ_0 – электропроводность, Ом/м.

При генерации магнитодинамических и электрогидродинамических сил при амплитуде с H_{Σ} магнитной проницаемостью μ_0 и плотностью объемных эндогенных зарядов $\rho_{0.з.энд}$, что можно выразить уравнением

$$\vec{F}_{\Sigma} = \mu_0 [\vec{j}_{\Sigma} \cdot \vec{H}_{\Sigma}] + \rho_{0.з.энд} \vec{E}_{\Sigma} + \chi_0 \vec{H}_{\Sigma} \text{grad} H_{\Sigma}, \quad (4)$$

где F_{Σ} – сила магнитогидродинамической природы; градиент напряженности магнитного поля обозначается $\text{grad} H$.

Суммируя выражения (1)–(4), можно записать

$$F_{\Sigma} = \mu_0 \left[\left(j_{энд} + \sigma_0 \sum_{n=1}^n E_n \right) \left(\sum_{n=1}^n H_{-n} (1 + k_n f_n(t)) \right) \right] + \rho_{0.з.энд} \sum_{n=1}^n E_n + \chi_0 H_{\Sigma} \text{grad} H_{\Sigma}.$$

Таким образом, на микробные клетки, находящиеся на стенках емкостей, в воде и на поверхности мышечной ткани рыб, действуют не только физические электромагнитные факторы, но и собственные электрические, метаболические и морфологические составляющие живой клетки.

В результате исследований был определен химический состав мышечной ткани веслоноса, клариевого сома и тилапии, выращенных в одинаковых условиях в УЗВ (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Химический состав мышечной ткани веслоноса, клариевого сома и тилапии, выращенных в одинаковых условиях в установках замкнутого водоснабжения

The chemical composition of the muscle tissue of paddlefish, clarius catfish and tilapia grown in the same conditions on closed water supply installations

Ингредиент	Веслонос	Клариевый сом	Тилапия
Вода, г	77,0 ± 3,62	75,9 ± 3,60	78,08 ± 3,59
Белок, г	15,8 ± 0,74	16,8 ± 0,78	20,08 ± 0,94
Жир, г	4,0 ± 0,19	6,5 ± 0,31	1,70 ± 0,08
Зола, г	1,1 ± 0,05	1,2 ± 0,06	0,93 ± 0,04
Калорийность, ккал	104	115	96
Витамины			
А, мг	20,0	10,0	22,0
В ₁ , мг	0,06	0,20	0,04
В ₂ , мг	0,07	0,13	0,06
В ₄ , мг	56,0	35,0	43,0
В ₆ , мг	0,20	0,20	0,30
Д, мкг	10,2	10,1	3,2
Е, мг	0,5	1,1	0,4
РР, мг	8,2	5,4	3,9
Микроэлементы			
І, мкг	3,5	5,1	4,2
Fe, мг	0,8	18,0	0,6
Со, мг	16,0	19,0	21,0
Mn, мг	0,03	0,07	0,04
Сu, мкг	40,0	47,0	75,0
Se, мкг	12,0	2,4	42,0
Zn, мг	0,40	0,46	0,34
Жирные кислоты			
НЖК, г	0,9	1,2	0,59
МНЖК, г	2,00	1,89	0,50
ПНЖК, г	0,65	0,75	0,38

Из данных табл. 1 следует, что количество белка больше всего в мясе тилапии (20 %), жира – в мясе клариевого сома (6,5 %). Мышечная ткань всех видов рыб имеют высокое содержание жирно- и водорастворимых витаминов, в мясе тилапии обнаружено значительное содержание селена – 42 мкг/100 г.

Определение содержания малонового диальдегида в органах и тканях рыб. Для оценки степени окисления липидов определяли содержание МДА в различных органах и тканях рыбы. Малоновый диальдегид, как конечный продукт перекисного

окисления липидов, позволяет оценивать качество жировой части рыбного сырья. Первичными продуктами перекисного окисления липидов считаются липопероксиды и диеновые конъюгаты типа циклических эндоперекисей и алифатических моно- и гидроперекисей. В случае свободнорадикального окисления полиненасыщенных кислот может происходить отрыв атома водорода в α -положении в отношении двойной связи.

На рис. 3 приведена диаграмма содержания МДА в тканях рыб.

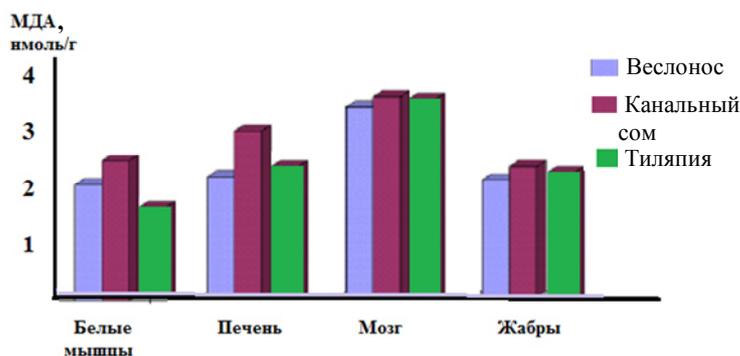


Рис. 3. Содержание малонового диальдегида в тканях рыб

Fig. 3. Malondialdehyde content in fish tissues

Как видно на рис. 3, наибольшей опасности окисления липидов подвергается мозг рыб.

Состав рыборастворительных паштетов. Из рыбы, выращиваемой в УЗВ, мы разработали рыборастворительные паштеты, для обогащения которых

пищевыми волокнами использовались овощи и CO₂-шроты. В табл. 2 приведены рецептуры паштетов с использованием фарша веслоноса, клариевого сома и тиляпии.

Таблица 2

Table 2

Рецептуры рыбных паштетов
Fish pate recipes

Компонент	Веслонос	Канальный сом	Тиляпия
	%		
Фарш веслоноса	65	–	–
Фарш клариевого сома	–	65	–
Фарш тиляпии	–	–	65
Морковь вареная	10	10	10
Лук репчатый	6	6	6
Масло виноградное	5	5	5
CO ₂ -шрот гороха	5	4	3
CO ₂ -шрот амаранта	3	4	5
CO ₂ -экстракт перца черного	0,004	0,004	0,004
CO ₂ -экстракт мускатного ореха	0,006	0,006	0,006
Соль пищевая	2,0	2,0	2,0
Легкая вода на гидратацию	до 100 % массы		

В рецептурный состав паштетов входит как рыбное, так и растительное сырье. В качестве растительного сырья использовались овощные ингредиенты (морковь вареная и лук репчатый), которые придают паштетам нежную консистенцию, и CO₂-шроты гороха и амаранта, которые обеспечивают продукт не только пищевыми волокнами, но и растительным белком, макро- и микроэлементами. CO₂-шроты представляют собой тонкоизмельченные белково-углеводно-липидные пище-

вые добавки, для гидратации которых использовали легкую воду с пониженным содержанием дейтерия. CO₂-экстракты перца черного горького и мускатного ореха, дозировка которых очень мала, вносят в фарш в растворе масла из семян винограда, что придает приятный аромат продукту.

В табл. 3 приведен химический состав CO₂-экстрактов, используемых в качестве ароматизаторов для рыборастворительных продуктов.

Таблица 3

Table 3

Химический состав CO₂-экстрактов
Chemical composition of CO₂-extracts

Продукт	Показатели				Основной компонент
	Плотность, г/см ³	Показатель преломления	К.ч. мг КОН	Э.ч. мг КОН	
CO ₂ -экстракт мускатного ореха	0,9344	1,5150	48	78	пинен, камфен
CO ₂ -экстракт перца черного	0,9440	1,5018	14	22	пиперин

Zolotokorova S. V., Kasuyakov G. I., Lebedeva E. Yu., Anisheva A. R. High-technology methods of processing fish raw materials fished in Astrakhan region

Основные компоненты используемых CO₂-экстрактов – пинен, камфен и пиперин – обладают не только ароматическими, но и антиоксидантными и антимикробными свойствами.

В табл. 4 приведен химический состав CO₂-шротов, используемых в качестве белково-углеводных наполнителей для рыборастительных продуктов.

Таблица 4

Table 4

Химический состав CO₂-шротов
Chemical composition of CO₂-meal

Продукт	Массовая доля компонента, г/100 г				
	белок	углеводы	жир	влага	зола
CO ₂ -шрот амаранта	14,6	58,2	5,7	11,0	2,8
CO ₂ -шрот гороха	24,3	49,6	0,8	10,5	2,9

В табл. 5 приведен химический состав разрабатываемых рыбастительных паштетов.

Таблица 5

Table 5

Химический состав рыбастительных паштетов
Chemical composition of fish pates

Наименование паштета из мяса рыб и добавок	Массовая доля, %					МДА, мг/кг
	вода	белок	жир	углеводы	зола	
Контроль «Карп»	70	15,4	5,1	17	2,5	0,82
«Веслонос»	57	17,2	4,3	19,3	2,2	0,71
«Клариевый сом»	49	17,8	6,6	23,5	3,1	0,62
«Тиляпия»	63	20,7	1,8	11,6	2,9	0,55

Как показано в табл. 5, за счет использования CO₂-экстрактов степень окисленности разработанных рыбастительных паштетов сравнительно низкая по сравнению с контролем.

Переработка вторичных рыбных ресурсов

Полученное в результате разделки рыбы вторичное

сырье в виде костей, плавников и внутренностей (без кишок) предложено перерабатывать на пищевую рыбную муку и рыбий жир. На рис. 4 приведена аппаратно-технологическая схема переработки вторичных ресурсов.

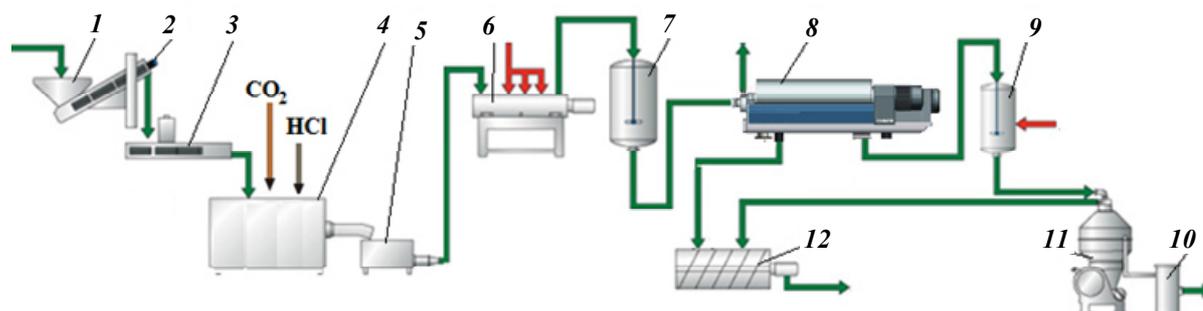


Рис. 4. Аппаратно-технологическая схема переработки вторичных рыбных ресурсов: 1 – бункер для загрузки сырья; 2 – наклонный транспортер; 3 – инспекционный транспортер; 4 – измельчитель сырья в подкисленной среде; 5 – тележка; 6 – аппарат гидротермической обработки; 7 – сборная емкость; 8 – декантер; 9, 10 – сборники жира; 11 – сепаратор; 12 – сушильная установка

Fig. 4. Apparatus and technological scheme of processing secondary fish resources: 1 - bunker for loading raw materials; 2 - inclined conveyor; 3 - inspection conveyor; 4 - grinder of raw materials in the acidified medium; 5 - cart; 6 - apparatus for hydrothermal treatment; 7 - collecting tank; 8 - decanter; 9, 10 - fat containers; 11 - separator; 12 - drying unit

Предварительно подготовленные отходы от переработки рыбы загружаются в установку для переработки вторичных ресурсов, измельчаются в подкисленной воде под избыточным давлением

углекислого газа, масса прогревается и разделяется на фракции.

В табл. 6 представлен химический состав полученной пищевой рыбной муки.

Таблица 6

Table 6

Химический состав пищевой рыбной муки

Chemical composition of fishmeal

Ингредиент	Количество в г/100 г
Белки	69
Жиры	8
Вода	9
Незаменимые аминокислоты	
Аргинин*	4,3
Валин	4,0
Гистидин*	1,5
Изолейцин	3,1
Лейцин	5,0
Лизин	5,3
Метионин	2,5
Треонин	2,8
Триптофан	0,7
Фенилаланин	2,6

*Условно незаменимые аминокислоты.

Полученная рыбная мука содержит большое количество белка и все незаменимые аминокислоты, она может быть использована не только

для кормовых, но и для пищевых целей.

В табл. 7 представлен химический состав полученного рыбьего жира.

Таблица 7

Table 7

Химический состав пищевого рыбьего жира

Chemical composition of fish oil

Жирнокислотный состав	Количество, в % от общего содержания жирных кислот
Насыщенные жирные кислоты, в том числе	22,60
14:0 Миристиновая	3,57
16:0 Пальмитиновая	10,61
18:0 Стеариновая	2,80
Мононенасыщенные жирные кислоты	46,73
16:1 Пальмитолеиновая	8,31
18:1 Олеиновая (омега-9)	20,66
20:1 Гадолеиновая (омега-11)	10,43
22:1 Эруковая (омега-9)	7,33
Полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе	30,67
18:2 Линолевая	0,94
18:3 Линоленовая	0,92
18:4 Стиридовая (омега-3)	0,93
20:4 Арахидоновая	0,94
20:5 Эйкозопентаеновая (омега-3)	6,90
Омега-3 жирные кислоты	11,91
22:5 Докозопентаеновая (омега-3)	0,94
22:6 Докозагексаеновая (омега-3)	10,97
Омега-6 жирные кислоты	1,88

Полученный рыбий жир содержит значительное количество полиненасыщенных жирных кислот, сре-

ди которых особенно ценными являются жирные кислоты, относящиеся к группе Омега-3. Поэтому

Zolotokorova S. V., Kasayakov G. I., Lebedeva E. Yu., Ainalieva A. R. High-technology methods of processing fish raw materials fished in Astrakhan region

полученный жир может использоваться для лекарственных целей и обогащения пищевых продуктов.

Заключение

Переработка мышечной ткани рыб, выращиваемых в Астраханской области и предназначенных для производства рыборастительных продуктов, весьма актуальна. Объектами исследования выбраны высокопродуктивные породы рыб – веслонос, клариевый сом и тилапия.

Исследован химический состав мяса рыб и способ снижения микробной обсемененности сырья

с помощью электромагнитного поля низкой частоты и способы электрофизической и газожидкостной обработки сырья. Апробированы способы переработки вторичных рыбных ресурсов на рыборастительные продукты, пищевую рыбную муку и рыбий жир с использованием газожидкостных технологий.

Использование в качестве биомаркера окисления липидов рыбных продуктов малонового диальдегида как конечного продукта перекисного окисления рыбного жира позволяет оценивать качество сырья и полученных рыборастительных паштетов.

Список источников

1. Антипова Л. В., Дунченко Н. И. Химия пищи. СПб.: Лань, 2019. 856 с.
2. Дацун В. М., Ким Э. Н., Левочкина Л. В. Водные биоресурсы. Характеристика и переработка. СПб.: Лань, 2018. 508 с.
3. Дворянинова О. П. Совершенствование классификаторов пищевой рыбной продукции // Стандарты и качество. 2019. № 3. С. 55.
4. Касьянов Г. И., Магомедов А. М., Золотокопова С. В. Особенности технологии фаршированного рыборастительного продукта, обогащенного CO₂-экстрактами // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 86–93.
5. Ким И. Н., Бредихин С. А., Ким Г. Н. Технология производства копченой продукции из водных биоресурсов: экологические аспекты. М.: Изд-во ЮРАЙТ, 2019. 198 с.
6. Кияшко В. В., Гуркина О. А., Васильев А. А., Тукмамбетов И. А., Можяева В. В. Использование йодо-содержащего препарата «Абиопептид» в кормлении ленокского осетра // Научная жизнь. 2016. № 4. С. 145–153.
7. Сидорова В. И., Асылбекова С. Ж., Январева Н. И., Койшыбаева С. К., Бадрызлова Н. С., Мухрамова А. А., Шуткараев А. В. Экструдированные стартовые комбикорма для клариевого сома // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 82–92.
8. Котельников А. В., Котельникова С. В., Неваленный А. Н., Пономарев С. В., Ширина Ю. М. Биохимические и морфометрические показатели некоторых органов и тканей гибрида тилапии (*Oreochromis Spp.*) при выращивании с использованием препарата ЭС-2 // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2018. № 3. С. 113–117.
9. Вздорнова М. С., Мукатова М. Д. К вопросу разработки технологии продуктов функциональной направ-

ленности из объектов аквакультуры // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 94–100.

10. Sakibaev K., Pylypenko L., Nikitchina T., Kasyanov G. Technology improvement and evaluation consumer properties of dry breakfast // Food science and Technology. 2019. V. 13. Iss. 2. P. 128–135. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i2.1401>.

11. Мукатова М. Д., Киричко Н. А., Моисеенко М. С., Сколков С. А. Разработка технологии получения жира из жиросодержащих отходов переработки промысловых рыб Волжско-Каспийского бассейна // Изв. ТИПРО. 2018. Т. 193. С. 211–222.

12. Павловская Л. М., Ганеева Л. А. Прудовая рыба – перспективное сырье для промышленной переработки // Food industry: science and technologies. 2018. Т. 11. № 3 (41). С. 58–95.

13. Роговцов С. В., Барулин Н. В., Костюсов В. Г. Рыбоводно-технологические параметры выращивания сиговых рыб в установках замкнутого водоснабжения // Животноводство и ветеринарная медицина. 2018. № 2. С. 18–25.

14. Федорова Е. В. Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: сб. материалов II Национал. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2017 г.). Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин», 2017. С. 172–175.

15. Харенко Е. Н., Сопина А. В. Пищевой гид по рыбной продукции // Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 124–128.

References

1. Antipova L. V., Dunchenko N. I. *Khimiia pishchi* [Chemistry of food]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2019. 856 p.
2. Datsun V. M., Kim E. N., Levochkina L. V. *Vodnye bi-oresursy. Kharakteristika i pererabotka* [Aquatic bioresources. Characteristics and processing]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2018. 508 p.

3. Dvorianinova O. P. Sovershenstvovanie klassifikatorov pishchevoi rybnoi produktsii [Upgrading classifiers of fish food products]. *Standarty i kachestvo*, 2019, no. 3, pp. 55.

4. Kas'ianov G. I., Magomedov A. M., Zolotokopova S. V. Osobennosti tekhnologii farshirovannogo ryborastitel'nogo produkta, obogashchennogo SO₂-ekstraktami [Characteristics of technology of stuffed fish-vegetable product enriched with CO₂-extracts]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstven-*

nogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo, 2019, no. 2, pp. 86-93.

5. Kim I. N., Bredikhin S. A., Kim G. N. *Tekhnologiya proizvodstva kopchenoi produktsii iz vodnykh bioresursov: ekologicheskie aspekty* [Technology of producing smoked products from aquatic biological resources: environmental aspects]. Moscow, Izd-vo IuRAIT, 2019. 198 p.

6. Kiiashko V. V., Gurkina O. A., Vasil'ev A. A., Tukmambetov I. A., Mozhaeva V. V. Ispol'zovanie iod-soderzhashchego preparata «Abiopeptid» v kormlenii lenskogo osetra [Using iodine-containing preparation Abiopeptide in feeding Lena sturgeon]. *Nauchnaia zhizn'*, 2016, no. 4, pp. 145-153.

7. Sidorova V. I., Asylbekova S. Zh., Ianvareva N. I., Koishybaeva S. K., Badryzlova N. S., Mukhramova A. A., Shutkaraev A. V. Ekstrudirovannye startovye kombikorma dlia klarievogo soma [Extruded starter compound feed for Clarius catfish]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 2, pp. 82-92.

8. Kotel'nikov A. V., Kotel'nikova S. V., Nevalennyi A. N., Ponomarev S. V., Shirina Iu. M. Biokhimicheskie i morfometricheskie pokazateli nekotorykh organov i tkanei gibrida tiliapii (*Oreochromis Spp.*) pri vyrashchivanii s ispol'zovaniem preparata ES-2 [Biochemical and morphometric parameters of organs and tissues of tilapia hybrid (*Oreochromis Spp.*) after using preparation ES-2]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2018, no. 3, pp. 113-117.

9. Vzdornova M. S., Mukatova M. D. K voprosu razrabotki tekhnologii produktov funktsional'noi napravlenosti iz ob"ektov akvakul'tury [On development of technology for products of functional orientation from aquaculture objects]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2019, no. 2, pp. 94-100.

10. Sakibaev K., Pylypenko L., Nikitchina T., Kasyanov G. Technology improvement and evaluation consumer properties of dry breakfast. *Food science and Technology*, 2019, vol. 13, iss. 2, pp. 128-135. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i2.1401>.

11. Mukatova M. D., Kirichko N. A., Moiseenko M. S., Skolkov S. A. Razrabotka tekhnologii polucheniia zhira iz zhirusoderzhashchikh otkhodov pererabotki promyslovnykh ryb Volzhsko-Kaspiiskogo basseina [Developing technology for obtaining fat from commercial fish fat-containing wastes processing in Volga-Caspian basin]. *Izvestiia TINRO (Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybkhoziaistvennogo tsentra)*, 2018, vol. 193, pp. 211-222.

12. Pavlovskaya L. M., Gapeeva L. A. Prudovaia ryba – perspektivnoe syr'e dlia promyshlennoi pererabotki [Pond fish as promising raw material for industrial processing]. *Food industry: science and technologies*, 2018, vol. 11, no. 3 (41), pp. 58-95.

13. Rogovtsov S. V., Barulin N. V., Kostousov V. G. Rybovodno-tekhnologicheskie parametry vyrashchivaniia sigovykh ryb v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniia [Fish-breeding and technological parameters of whitefish rearing in recirculating aquaculture systems]. *Zhivotnovodstvo i veterinarnaia meditsina*, 2018, no. 2, pp. 18-25.

14. Fedorova E. V. Vyrashchivanie klarievogo soma v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniia [Cultivating Clarius catfish in recirculating aquaculture systems]. *Sostoianie i puti razvitiia akvakul'tury v Rossiiskoi Federatsii v svete importozameshcheniia i obespecheniia proizvodstvennoi bezopasnosti strany: sbornik materialov II Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 13–15 sentiabria 2017 g.)*. Saratov, Izd-vo OOO «TseSAin», 2017. Pp. 172-175.

15. Kharenko E. N., Sopina A. V. Pishchevoi gid po rybnoi produktsii [Food guide to fish products]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 3, pp. 124-128.

Статья поступила в редакцию 07.12.2020; одобрена после рецензирования 09.11.2021; принята к публикации 30.11.2021
The article is submitted 07.12.2020; approved after reviewing 09.11.2021; accepted for publication 30.11.2021

Информация об авторах / Information about the authors

Светлана Васильевна Золотокопова – доктор технических наук, профессор; заведующая кафедрой технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; zolotokopova@mail.ru

Геннадий Иванович Касьянов – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры технологии продуктов питания животного происхождения; Кубанский государственный технический университет; Краснодар, ул. Московская, 2; g_kasjanov@mail.ru

Svetlana V. Zolotokopova – Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Technology of Goods and Commodity Research; Astrakhan State Technical University; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; zolotokopova@mail.ru

Gennady I. Kasjanov – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Animal Food Technology; Kuban State Technical University; Krasnodar, Moskovskaya street, 2; g_kasjanov@mail.ru

Екатерина Юрьевна Лебедева – ассистент кафедры технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; lebdarvas@mail.ru

Ekaterina Yu. Lebedeva – Assistant of the Department of Technology of Goods and Commodity Research; Astrakhan State Technical University; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; lebdarvas@mail.ru

Алида Рашидовна Айналиева – магистрант кафедры технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; aly550@mail.ru

Ailida R. Ainalieva – Master’s Course Student of the Department of Technology of Goods and Commodity Research; Astrakhan State Technical University; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; aly550@mail.ru

Золотоколова С. В., Касьянов Г. И., Лебедева Е. Ю., Айналиева А. Р. Высокотехнологичные приемы переработки рыбного сырья, выращенного в Астраханской области

