

Научная статья
УДК 641.1/3
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-136-145>
EDN ZGYHNSO

Биотехнологический потенциал чешуи рыб Астраханской области

Олеся Сергеевна Якубова[✉], Аделя Адлеровна Кушбанова

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, o.c.yakubova@mail.ru[✉]*

Аннотация. Переработка вторичных рыбных ресурсов – важная задача для организации эффективного и экологичного производства с учетом принципа ресурсосбережения. Для разработки комплексной технологии переработки чешуи рыб необходимо углубленное и полное исследование ее типов, химического состава и размерно-массовых характеристик. Установлено, что чешуя рыб Астраханской области представлена двумя типами: ганоидная (у осетровых) и эласмоидная (у большинства промысловых и прудовых рыб). Эласмоидная чешуя делится на циклоидную и ктеноидную. Ктеноидная чешуя (у судака, окуня и щуки), имеет отростки – ктении, придающие ей шероховатость. Такая чешуя, как правило, меньшего размера, чем циклоидная. Средний размер чешуи рыб Астраханской области варьирует от 6,7 до 20,5 мм, наибольший размер отмечен у белого амура (20,5 мм), карпа (18,9 мм) и сазана (18,8 мм), наименьший у судака (6,7 мм) и окуня (7,1 мм). Средняя толщина чешуи варьирует от 79 мкм (толстолобик) до 942 мкм (осетр). Массовый выход чешуи от целой рыбы составляет от 0,4 % (осетр) и от 2,4 до 8,0 % у представителей эласмоидного типа. Содержание азотсодержащих веществ в чешуе исследованных рыб варьирует от 43,2 % у окуня до 68,7 % у сазана, щелочерастворимой фракции белка выявлено от 16,7 % (осетр) до 58,4 % (толстолобик). Помимо целевого компонента в чешуе обнаружены примеси водо- и солерастворимых белков, минеральных веществ и разнообразных пигментов (хроматофоров), которые необходимо отделять в технологическом процессе. В результате исследований составлена классификация чешуи рыб Астраханской области по химическому составу с учетом перспектив извлечения белка. Данные исследования являются основополагающими для создания комплексных технологических решений переработки чешуи рыб с получением широкого спектра пищевых и кормовых продуктов.

Ключевые слова: рыба, чешуя, вторичные рыбные ресурсы, переработка, пищевая ценность, пищевые системы, белок, минеральные вещества

Благодарность: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00082, <https://rscf.ru/project/24-26-00082/>.

Для цитирования: Якубова О. С., Кушбанова А. А. Биотехнологический потенциал чешуи рыб Астраханской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 4. С. 136–145. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-136-145>. EDN ZGYHNSO.

Original article

Biotechnological potential of fish scales of the Astrakhan region

Olesia S. Yakubova[✉], Adelia A. Kushbanova

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, o.c.yakubova@mail.ru[✉]*

Abstract. Recycling of secondary fish resources is an important task for the organization of efficient and environmentally friendly production, taking into account the principle of resource conservation. To develop a comprehensive technology for processing fish scales, an in-depth and complete study of its types, chemical composition and dimensional and mass characteristics is necessary. It has been established that the scales of the fish of the Astrakhan region are represented by two types: ganoid (in sturgeon) and elasmoid (in most commercial and pond fish). Elasmoid scales are divided into cycloid and ctenoid. The ctenoid scales (in walleye, perch and pike) have outgrowths, which give it a roughness. Such scales are usually smaller than cycloid scales. The average size of the scales of fish in the Astrakhan region varies from 6.7 to 20.5 mm, the largest size is noted in white amur (20.5 mm), carp (18.9 mm) and carp (18.8 mm), the smallest in walleye (6.7 mm) and perch (7.1 mm). The average thickness of the scales varies from 79 microns (silver carp) to 942 microns (sturgeon). The mass yield of scales from whole fish ranges from 0.4% (sturgeon) and from 2.4 to 8.0% in representatives of the elasmoid type. The content of nitrogen-containing substances in the scales of the studied fish varies

from 43.2% in perch to 68.7% in carp, the alkali-soluble protein fraction was found from 16.7% (sturgeon) to 58.4% (silver carp). In addition to the target component, impurities of water- and salt-soluble proteins, minerals and various pigments (chromatophores) were found in the scales, which must be separated in the technological process. As a result of the research, the classification of fish scales of the Astrakhan region by chemical composition has been compiled, taking into account the prospects for protein extraction. These studies are fundamental for creating integrated technological solutions for processing fish scales to obtain a wide range of food and feed products.

Keywords: fish, fish scales, secondary fish resources, processing, nutritional value, food systems, protein, minerals

Acknowledgment: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-26-00082, <https://rscf.ru/project/24-26-00082/>.

For citation: Iakubova O. S., Kushbanova A. A. Biotechnological potential of fish scales of the Astrakhan region. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2024;4:136-145.* (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-136-145>. EDN ZGYHSO.

Состояние проблемы

В 2023 г. в Астраханской области, суммарно во внутренних водоемах и Каспийском море, в целях промышленного рыболовства добыто 43,1 тыс. т водных биологических ресурсов и выращено предприятиями рыбохозяйственного комплекса 20,6 тыс. т объектов товарной аквакультуры, в том числе осетровых 2,4 т. Среди рыбных ресурсов промышленного рыболовства по объемам добычи преобладают следующие виды рыбы: лещ, карась, сом, красноперка, сазан, щука, судак, вобла, окунь, жерех. Из выращенных рыбных объектов товарной аквакультуры преобладают по объемам производства карп, толстолобик, белый амур и осетровые (осетр и стерлядь). Большая часть рыб Волго-Каспийского бассейна имеют чешую, которая при переработке отделяется и может быть вторичным ресурсом переработки. Состояние чешуи зависит от способа переработки рыбы, возможно наличие примесей и сопутствующих компонентов. Массовая доля чешуи в зависимости от вида рыбы составляет 2,0–9,7 %, следовательно, сырьевые запасы чешуи рыб как вторичного сырьевого ресурса могут достигать тысяч тонн [1, 2]. В настоящее время традиционным направлением переработки чешуи рыб является производство кормовых продуктов. Результаты современных научных исследований показывают возможности переработки чешуи разных видов рыб для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью пищевого назначения [3–18]. Для переработки чешуи учитываются региональные, видовые и технологические аспекты накопления этого сырьевого источника. Таким образом, для формирования современных направлений рациональной переработки чешуи рыб Астраханской области необходимо проведение углубленного изучения этого вторичного ресурса. Именно количественное соотношение различных веществ, макро- и микронутриентов в составе чешуи определяет функционально-технологическую ценность сырья и во многом является отправной точкой в решении вопроса о рациональных путях его использования.

Цель исследования заключается в определении

направлений рациональной переработки чешуи рыб Астраханской области. Задачи исследования: классификация и дифференциация чешуи рыб; исследование размерно-массовых характеристик чешуи рыб Астраханской области; определение химического и фракционного состава чешуи рыб Волго-Каспийского бассейна и объектов товарной аквакультуры.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужила чешуя рыб Астраханской области: рыб семейства карповых (Cyprinidae): сазана (*Cyprinus carpio*), карпа (*Cyprinus carpio*), красноперки (*Scardinius erythrophthalmus*), карася золотого (*Carassius carassius*), леща обыкновенного (*Abramis brama*), воблы (*Rutilus caspicus*), жереха (*Aspius aspius*), белого амура (*Stenopharyngodon idella*), толстолобика обыкновенного (*Hypophthalmichthys molitrix*); рыб семейства окуневых (Percidae): судака обыкновенного (*Sander lucioperca*), окуня пресноводного (*Perca fluviatilis*); рыб семейства щуковых (Esocidae): щуки обыкновенной (*Esox lucius*); рыб семейства осетровых (Acipenseridae): русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*).

Для исследования использовали чешую промысловых рыб (карась, сазан, лещ, щука, судак, вобла, окунь, жерех, красноперка), перерабатываемых на предприятии ООО «Холодильник Володарский» в весенний и осенний период; объектов товарной аквакультуры (белый амур, карп, толстолобик), перерабатываемых на предприятии ИП Дербасов Михаил Владимирович; осетра, реализуемого ООО «АРК "Белуга"».

Исследования проводили в ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» в лаборатории «Техника и технологии биополимеров». Отбор проб чешуи проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 7636-85, ГОСТ 31339-2006, ГОСТ 7631-2008. В работе использовали стандартные и модифицированные методы. Размерные характеристики чешуи определяли с использованием штангенциркуля.

Исследование химического состава объектов (содержание влаги, жира, белка и золы) проводили согласно ГОСТ 7636-85. Массовую долю влаги определяли высушиванием навески до постоянной массы при 100–105 °С. Содержание золы устанавливали методом сжигания. Массовую долю жира определяли экстракционным методом на полуавтоматическом аппарате экстракции по Сокслету АСВ-6.

Содержание белка определяли методом Кьельдаля на установках Turbotherm и Vapodest-30, фракционный состав белковых веществ чешуи – последовательным экстрагированием белковых фракций специфическими растворителями. Содержание водо- и солерастворимой фракций белковых веществ определяли методом экстракции белков водой и 0,6 М, или 0,6-молярным раствором, KCl соответственно с последующей минерализацией экстрактов и отгонкой по методу Кьельдаля. Для определения содержания целевого компонента – коллагена – использовали навеску после выделения водо- и солерастворимых белков, которую подвергали автоклавированию в паровой среде (температура 150 °С, давление 0,15 МПа) в течение 1,5 ч, повторное – при аналогичных режимах в течение 1 ч. Полученный экстракт отправляли на минерализацию с последующей отгонкой по методу Кьельдаля для определения содержания общего азота. Для определения содержания сопутствующих коллагену веществ белкового происхождения, нерастворимых в воде даже при температуре 150 °С, исследовали нерастворимый остаток чешуи, полученный после процесса автоклавирования и называемый в литературе ихтиолепидин. Навеску ихтиолепидина также отправляли на минерализацию с последующей отгонкой по методу Кьельдаля для определения содержания азо-

та сопутствующих коллагену веществ белкового происхождения.

Для исключения субъективизма и минимизации влияния человеческого фактора, а также для получения статистически значимых результатов экспериментальное определение для каждого образца и/или пробы проводили в не менее трех повторениях, в качестве окончательного результата выступало среднее арифметическое значение при допуске относительном расхождении величин 5 %. Полученные данные интерпретировали и обрабатывали с использованием общепринятых алгоритмов и методов математической статистики, графических программ и приложений.

Результаты исследования и обсуждение

Для описания полного и всестороннего научно-практического исследования в работе представлены результаты изучения ихтиологических особенностей, структуры, классификации, состава и свойств чешуи рыб как вторичного ресурса для переработки.

Большинство рыб Астраханской области покрыты чешуей, хотя у некоторых она редуцируется, например, сомы утратили ее в процессе эволюции. Чешуйчатый покров рыб обеспечивает хорошую обтекаемость тела, за счет предотвращения образования складок кожи при быстром движении, сглаживания ее неровностей рыбы получают возможность быстрого перемещения в воде и защиты мышечных волокон от повреждений и внутренних органов от давления воды.

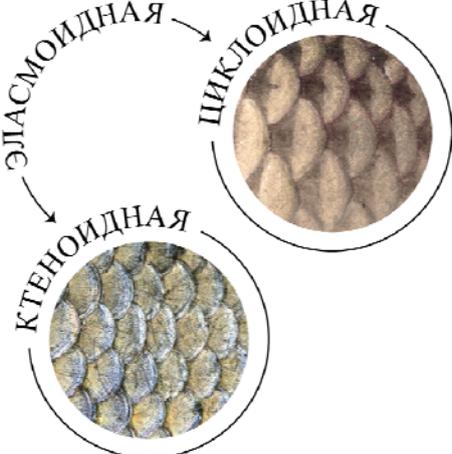
Выделяют три типа чешуи, которые различаются по химическому составу, форме и размеру: плакоидная, ганоидная и эласмоидная (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Классификация и характеристика типов чешуи рыб Classification and characterization of fish scale types

Наименование и внешний вид	Характеристика и основные представители
	<p>Наиболее древняя чешуя, свойственная ископаемым рыбам, а также современным акулам и скатам. Представляет собой отдельное коническое образование, погруженное в дерму, на поверхности под углом остается мощный шип. Плакоидная чешуя отличается высокой прочностью, состоит из дентина и соединительной ткани, снаружи покрыта особой эмалью – витродентином. Чешуя внутри заполнена рыхлой соединительной тканью с кровеносными сосудами и нервными окончаниями. Утраченная чешуя не возобновляется, но при росте рыбы количество чешуек увеличивается.</p>

Наименование и внешний вид	Характеристика и основные представители
	<p>Ганоидная чешуя состоит из отдельных чешуек, или жучек, в виде ромбообразных пластин. Такая чешуя имеет многослойное строение, верхний слой уплотненный – <i>ганоин</i>, средний – <i>космин</i>, содержит многочисленные полости; нижний – <i>изопедин</i>, состоит из костного вещества, сильно насыщенного солями кальция и магния. В настоящее время ганоидная чешуя присутствует у осетровых рыб. У осетра пять рядов жучек, которые проходят вдоль всего тела на спине, брюхе и по бокам.</p>
	<p>Эласмоидная чешуя свойственна современным костистым рыбам. Делится на две группы: циклоидную и ктеноидную, в зависимости от строения. Циклоидная чешуя имеет округлую форму и гладкий внешний край. На нем присутствуют радиальные борозды, сходящиеся приблизительно к центру. Такая чешуя характерна для рыб семейства карповых.</p> <p>Ктеноидная чешуя, так же, как циклоидная, имеет округлую форму, но отмечается расчленение краниального поля (погруженного в чешуйный кармашек) на глубоко вырезанные фестоны и наличие на внешнем крае ктений (ряда копьевидных костных выростов или шипов), поэтому она называется ктеноидная. Эта чешуя характерна для рыб семейства окуневых и шуковых.</p>

Рыбы Астраханской области имеют ганоидную и эласмоидную чешую. Чешуя осетровых рыб относится к отдельному типу – ганоидная. Она значительно отличается от эласмоидной по внешнему виду, текстуре и залегает непосредственно в коже рыбы. Ее можно отделить с поверхности только после бланширования горячей водой, без обработки она механически не отделяется от кожи.

У преобладающих по объемам добычи промысловых рыб Волго-Каспийского бассейна семейства карповых и основных рыбных объектов товарной аквакультуры эласмоидная циклоидная чешуя. У окуня, судака и щуки эласмоидная ктеноидная чешуя. Этот тип чешуи образует чешуйчатый покров из перекрывающихся подобно черепице чешуек. Один край чешуи находится в чешуйном кармашке, он как бы входит в кожу и называется краниальный, а свободный край (каудальный) налегает на следующую чешую. Таким образом, тело рыбы находится под двойным слоем чешуи. Разновидности этого типа чешуи схожи по строению и визуально, но тактильно ктеноидная чешуя отличается от циклоидной наличием костных выростов – ктений (шипов) – на

наружном крае [19, 20]. Эласмоидную чешую можно отделить от кожи рыбы механическими движениями, ножом или специальным устройством, от хвоста к голове, при этом она выпадает из чешуйчатого кармашка и отделяется от рыбы.

Следует отметить, что каудальный край эласмоидной чешуи покрыт специфическим пигментным эпителием, который содержит в себе пигментные клетки, называемые хроматофорами. Они бывают четырех видов: меланофоры (коричневые и черные), ксантофоры (желтые), эритрофоры (красные), гуанофоры (золотистые и серебристые). В основном чешуя изученных видов рыб содержит меланофоры и гуанофоры, которые содержат кристаллы гуанина. Дифракция падающего света на гранях гуаниновых пластин вызывает появление характерной переливающейся (иридирующей) окраски. Содержание гуанина в чешуе рыб 0,2–0,4 % – для сельдевых рыб, 0,3–0,65 % – для пресноводных карповых рыб [21]. Пигментные клетки связаны с другими структурными компонентами чешуи и могут быть отделены в процессе ее обработки.

По своему строению чешуя эласмоидного типа является комплексом из тонких концентрических, расположенных друг на друге «костных» пластинок (слоев). Слои имеют фибриллярную структуру, значительная часть которой минерализована, содержит различные органические включения. Минеральный состав чешуи рыб представлен в основном солями кальция, фосфора, магния, натрия и др. Преобладает фосфорнокислый кальций (33–43 % массы сухого вещества), присутствует небольшое количество карбоната кальция (1–1,5 %), а также фосфат магния, карбонат калия и натрия, фтористый натрий и соли железа [21].

Чешуя костистых рыб покрыта слизью. Ганоидная чешуя осетровых имеет поверхностный эпителиальный слой, также покрытый слизью. Слизь рыб представляет собой вязкий раствор муцина, связанного с небольшим количеством белковых веществ низкой молекулярной массы. В воде муцины плохо растворяются, но набухают, в разбавленных растворах кислот также не растворяются. В растворах средних солей и едких и углекислых щелочей, а также в известковой воде слизь растворяется. Слизь является благоприятной средой для развития

микроорганизмов, степень обсемененности исходного сырья значительно предопределяет качественный состав микрофлоры готового продукта. Перед началом процесса переработки чешуи рыб ее необходимо отделить от слизи, например соевым раствором поваренной соли и многократным промыванием.

Массовый выход чешуи рыб изменяется в зависимости от вида рыбы, способа ее отделения и обработки (ручная разделка, гидроудар, чешуеъемный барабан и др.). Средний выход чешуи к общему весу рыбы составляет (в %): лещ – 4,7; карась – 8,0; сазан – 5,0; щука – 3,1; судак – 2,4; белый амур – 4,5; карп – 5,9; толстолобик – 2,5; осетр – 0,4. Наибольший выход эласмоидной чешуи – от карася, 8,0 %, наименьший от судака – 2,4 %. У осетра выход чешуи самый минимальный из представленных видов рыб – 0,4 %.

Чешуя рыб имеет многослойное продольное строение, в связи с этим сложно подвергается измельчению, поэтому для технологических целей важным параметром чешуи рыб являются ее размерные характеристики. Результаты исследования толщины и среднего размера чешуи рыб представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Размерные характеристики чешуи рыб Астраханской области
Dimensional characteristics of fish scales of the Astrakhan region

Вид	Толщина чешуи, мкм	Средний размер, мм
Белый амур (осень)	155	20,5
Вобла (весна)	75	9,0
Карась (осень)	362	17,0
Карп (осень)	220	18,9
Лещ (весна)	84	11,0
Осетр (осень)	942	12,5
Сазан (осень)	231	18,8
Судак (осень)	188	6,7
Толстолобик (осень)	79	7,7
Щука (осень)	82	7,5
Окунь (осень)	116	7,1

Размерные характеристики чешуи воблы и леща получены от мороженой дефростированной рыбы весеннего вылова. Также следует отметить, что эти виды рыб, а также красноперка, в основном направляются на посол и перерабатываются без предварительного отделения чешуи, отделение чешуи возможно после посола и вяления в основном вместе с кожей. Другие виды рыб, как правило, перерабатываются после отделения чешуи. Разделка на филе с последующим замораживанием, кулинарная продукция, консервное производство – это основные виды технологической обработки, при которой чешуя полностью отделяется. Чешуя от этих рыб отделяется и собирается в емкости после ручной разделки рыбы, отделения

гидроударом или использования чешуеъемного барабана.

Установлено, что средний размер чешуи рыб Астраханской области варьирует от 6,7 до 20,5 мм, наибольший размер отмечен у белого амура – 20,5 мм, карпа – 18,9 мм и сазана – 18,8 мм, наименьший у судака – 6,7 мм и окуня – 7,1 мм. Средняя толщина чешуи варьирует от 79 мкм (толстолобик) до 942 мкм (осетр). Среди эласмоидной чешуи наибольшая толщина у чешуи карася – 362 мкм. Следует отметить отклонение в размерных характеристиках чешуи исследованных рыб на уровне 7,2–23,0 %, что обусловлено отличием размерных характеристик в зависимости от расположения чешуи на теле рыбы. Наибольшее расхожде-

ние отмечено у осетра, его чешуя также значительно отличается по форме. Следует отметить, что мелкую чешую имеют представители ктеноидной группы (судак – 6,7 мм, окунь – 7,1 мм, щука – 7,5 мм), а также толстолобик, средний размер его чешуи – 7,7 мм, а толщина – 79 мкм. Таким образом, чешуя рыб Астраханской области различается по типу, форме и размерно-массовым характеристикам.

Исследование показателей безопасности чешуи рыб на соответствие требованиям ТР ТС 021 и ТР ЕАЭС 040 по содержанию токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов, полихлорированных бифенилов, ДДТ и его метаболитов показало

соответствие регламентируемым требованиям [22]. Следовательно, чешуя исследованных видов рыб Астраханской области может направляться на переработку для пищевых целей.

Для определения функционально-технологической ценности чешуи рыб и нахождения рациональных путей ее переработки проводили исследование химического состава. Имеющиеся в информационных источниках данные [23–25] расширены и дополнены сведениями общего химического состава чешуи некоторых видов рыб Волго-Каспийского бассейна и рыбных объектов товарной аквакультуры (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Химический состав чешуи рыб Волго-Каспийского бассейна и рыбных объектов товарной аквакультуры Астраханской области

Chemical composition of scales of fish of the Volga-Caspian basin and fish objects of commercial aquaculture of the Astrakhan region

Вид	Содержание (на сухой вес), %		
	жира	минеральных веществ	азотсодержащих веществ (ОА · 5,55)
Рыбные ресурсы промышленного рыболовства			
Вобла	0,1	39,1	60,8
Жерех	0,1	42,8	57,1
Карась	0,2	40,4	59,4
Красноперка	0,2	40,1	59,7
Лещ	0,1	38,1	61,8
Сазан	0,2	31,1	68,7
Судак	0,1	55,7	44,2
Окунь	0,1	56,7	43,2
Щука	0,1	43,3	56,6
Рыбные объекты товарной аквакультуры			
Белый амур	0,1	33,97	66,0
Карп	0,1	43,9	56,0
Осетр	5,6	64,5	29,9
Толстолобик	0,1	31,4	68,5

Химический состав эласмоидной чешуи исследуемых видов рыб отличается высокой долей азотсодержащих веществ, содержание которых варьирует от 43,2 % у окуня до 68,7 % у сазана. Наиболее высокое содержание азотсодержащих веществ в чешуе сазана (68,7 %), толстолобика (68,5 %), белого амура (66,0 %). Относительно низкий уровень азотсодержащих веществ отмечен в чешуе окуня (43,2 %) и судака (44,2 %).

В ганоидной чешуе осетра, в отличие от эласмоидной чешуи, содержание азотсодержащих веществ составляет 29,9 %, что в 2,3 раза меньше, чем в чешуе сазана, и в 1,5 раза меньше, чем в чешуе окуня.

Содержание минеральных веществ в чешуе исследованных видов рыб составляет от 31,1 % (сазан) до 56,7 % (окунь). В чешуе осетра отмечается максимальное содержание минеральных веществ – 64,5 % среди исследованной чешуи.

Содержание жира в эласмоидной чешуе исследу-

емых рыб составляет 0,1–0,2 %. Исключительно в чешуе осетра обнаружено содержание жира 5,6 %. Это обуславливается особенностями залегания ганоидной чешуи непосредственно в коже рыбы. Механически она не отделяется от кожи рыбы. Для исследования ее отделяли от кожи после бланширования горячей водой. Даже после очистки от кожи чешуя осетра имеет остаточное содержание жира. Для отделения остаточного жира с поверхности чешуи осетра требуется дополнительная технологическая обработка.

Для полного исследования белков чешуи как ценного в пищевом плане компонента исследовали фракционный состав белков чешуи. Определяли содержание водо-, соле-, и щелочерастворимых фракций белков, а также содержание нерастворимой белковой части чешуи рыб. Средний фракционный состав белков чешуи исследуемых видов рыб представлен в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Фракционный состав белков чешуи рыб Волго-Каспийского бассейна и рыбных объектов товарной аквакультуры Астраханской области

Fractional composition of proteins of scales of fish of the Volga-Caspian basin and fish objects of commercial aquaculture of the Astrakhan region

Вид рыбы	Содержание общего азота (ОА · 5,55)	Содержание фракции белков (в % к сухому веществу)			
		водорастворимая	солерастворимая	щелочерастворимая (коллаген)	нерастворимая
Вобла	60,8	1,0	1,0	51,2	7,6
Жерех	57,1	1,5	0,9	43,8	10,9
Карась	59,4	1,7	2,8	47,1	7,8
Красноперка	59,7	1,0	0,9	50,6	7,2
Лещ	61,8	2,6	2,7	48,3	7,9
Сазан	68,7	2,2	2,2	56,5	6,1
Судак	44,2	2,3	2,3	36,3	3,4
Окунь	43,2	0,3	1,2	33,4	8,3
Щука	56,6	2,3	2,3	46,8	5,2
Рыбные объекты товарной аквакультуры					
Белый амур	66,0	1,2	0,6	51,2	13,0
Карп	56,0	1,3	2,4	46,0	6,3
Осетр	29,9	0,8	0,7	16,7	11,7
Толстолобик	68,5	2,3	2,3	58,4	5,6

Большая часть азотсодержащих веществ эластоидной чешуи (76,7–85,3 %) представляет собой щелочерастворимые белки, в частности коллаген. Высокое содержание коллагена отмечено в чешуе толстолобика (58,4 %) и сазана (56,5 %). В чешуе окуня минимальное содержание коллагена среди эластоидной чешуи – 33,4 %, это в 1,75 раз меньше чем в чешуе толстолобика. В ганоидной чешуе осетра содержание щелочерастворимого белка 16,7 %, это составляет 55,9 % от общего содержания белка. Также следует отметить, что в чешуе осетра на 50 % меньше коллагена, чем в эластоидной чешуе окуня с самым низким содержанием коллагена. Из всех исследуемых рыб в чешуе осетра самое низкое содержание щелочерастворимых белков, что обуславливается особенностями формирования именно этого типа чешуи.

Сопутствующие коллагену вещества белкового происхождения представлены склеропротеинами – кератин, эластин, ретикулин; протеинами – альбумины и глобулины; а также группой глюкопротеидов, основными представителями которой выступают мукоиды, муцины, меланины и мукополисахариды. Они являются компонентами основного вещества чешуи рыб и играют значимую роль в организации структуры коллагена.

Чешуя всех исследованных видов рыб содержит приблизительно равное количество водорастворимых (0,3–2,6 %) и солерастворимых белков (0,6–2,8 %), представленных в основном альбуминами и глобулинами. Появление этих белков объ-

ясняется адсорбцией на поверхности чешуи слизи, которую возможно отделить при гидромеханической обработке чешуи как вторичного ресурса.

Содержание в чешуе сопутствующих коллагену нерастворимых веществ белкового происхождения колеблется в пределах от 3,4 % для судака до 13,0 % для белого амура. В литературных источниках этот специфический альбуминоид – смесь белковых веществ, представленных в основном эластином и ретикулином – называют ихтиолепидин. Следует отметить, что в отличие от коллагена указанные белки не растворяются в воде при нагревании, следовательно, не перейдут в раствор после гидролиза и извлечения коллагена, остаются в остатке (отходах).

Анализируя данные химического состава чешуи рыб, следует отметить преобладающую массовую долю белка, основным компонентом которого является коллаген (76,7–85,3 %), от общего количества азотсодержащих веществ и низкую массовую долю сопутствующих компонентов. Однако примеси имеют разный характер, от минеральных веществ в свободном и связанном состоянии до низкомолекулярных азотистых веществ. Проведенный сравнительный анализ химического состава чешуи различных видов рыб указывает на существенные отличия в соотношении компонентов в зависимости от вида исследуемой рыбы.

Таким образом, на основании исследований состава чешуи рыб предоставляется возможным провести ее классификацию по содержанию коллагена и условно разделить на 3 группы (рис.).



Классификация чешуи рыб Астраханской области в зависимости от содержания коллагена

Classification of fish scales of the Astrakhan region depending on the collagen content

Наиболее перспективной и ценной в отношении содержания щелочерастворимой фракции азотистых веществ является чешуя 1 и 2 групп, которые рекомендованы на переработку с целью выделения белка.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что чешуя рыб Астраханской области представлена двумя типами: ганоидная у осетровых и эласмоидная у большинства промысловых и прудовых рыб. Чешуя имеет разные размерно-массовые характеристики в зависимости

от вида рыбы. Массовый выход чешуи от целой рыбы составляет от 0,4 % у осетра до 8,0 % у карася. Содержание азотсодержащих веществ в чешуе исследованных рыб варьирует от 43,2 % у окуня до 68,7 % у сазана, щелочерастворимой фракции белка выявлено 16,7–58,4 %. Помимо целевого компонента выявлены примеси водо- и солерастворимых белков и минеральных веществ. Чешую рыб Астраханской области классифицировали на 3 группы по химическому составу с учетом перспектив переработки для извлечения белка.

Список источников

1. Воробьев В. И. Использование рыбной чешуи в пищевых целях // Изв. КГТУ. 2020. № 57. С. 99–106.
2. Якубова О. С., Долганова Н. В., Котенко А. Л. Чешуя частиковых и прудовых рыб как сырье для получения ихтиожелатина // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. 2005. № 5-6 (288-289). С. 41–44.
3. Антипова Л. В., Нам До Л. Х. Чешуя прудовых рыб как источник желатина // Вестн. Воронеж. гос. технолог. акад. 2010. № 3 (45). С. 36–39.
4. Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я. Использование гидролизатов рыбной чешуи в составе базового специализированного питания спортсменов // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. 2014. № 4 (340). С. 62–65.
5. Fengxiang Zhang, Anning Wang, Zhihua Li, Shengwen He, Lijun Shao. Preparation and Characterisation of Collagen from Freshwater Fish Scales // Food and Nutrition Sciences. 2011. N. 2. P. 818–823.
6. Kanokwan Matmaroh, Soottawat Benjakul, Thummanoon Prodpran, Angel B. Encarnacion, Hideki Kishimura. Characteristics of acid soluble collagen and pepsin soluble collagen from scale of spotted golden goatfish (*Parupeneus heptacanthus*) // Food Chemistry. 2011. V. 129. P. 1179–1186.
7. Kodali D., Hembrick-Holloman V., Gunturu D. R., Samuel T., Jeelani S., Rangari V. K. Influence of fish scale-based hydroxyapatite on forcespun polycaprolactone fiber scaffolds // ACS omega. 2022. V. 7. N. 10. P. 8323–8335. DOI: 10.1021/acsomega.1c05593.
8. María A. Moreno-Ricardo, Paula Gómez-Contreras, Ángel Darío González-Delgado, Joaquín Hernández-Fernández, Rodrigo Ortega-Toro. Development of films based on chitosan, gelatin and collagen extracted from bocachico scales (*Prochilodus magdalenae*) // Heliyon. 2024. V. 10. Iss. 3. e125194. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25194.
9. Md. Hafizul Islam, Mosummath Hosna Ara, Jannatul Naime, Md. Abu Rayhan Khan. Nutritional evaluation of fish scale of selected saline and fresh water fish species // Food and Humanity. 2024. V. 2. P. 100225. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.100225>.
10. Mehmet Tolga Dinçer, Özlem Yeşim Ağçay, Hülya Sargin, Huriye Bayram. Functional properties of gelatin recovered from scales of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2015. V. 39 (1). P. 102–109.
11. Muhammad Bilal, Javed Ali, Muhammad Umar, SherBahadar Khan, Adil Shaheen, Noushad Hussain, Rifat

Jahan, Khan Malook, Mughal Qayum, Kalsoom Akhtar, Esraa M. Bakhsh. Ecofriendly synthesis of hydroxyapatite from fish scales and its application toward adsorptive removal of Pb(II) // *Journal of the Indian Chemical Society*. 2024. V. 101. Iss. 8. P. 101175. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2024.101175>.

12. Cao T. H., Nguyen T. M. H., Le N. T., Karapun M. Y., Razumovskaya R. G. Physicochemical characteristics of gelatin extracted from the scales of seabream *Sparus latus* Houttuyn (using raw material from Vietnam) // *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2017. N. 1 (63). P. 90–96.

13. Prashant K. Bhagwat, Padma B. Dandge. Isolation, characterization and valorizable applications of fish scale collagen in food and agriculture industries // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2016. V. 7. P. 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.010>.

14. Rui Duan, Junjie Zhang, Xiuqiao Du, Xingcun Yao, Kunihiko Konno. Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*Cyprinus carpio*) // *Food Chemistry*. 2009. V. 112 (3). P. 702–706.

15. Shiao W.-C., Wu T.-C., Kuo C.-H., Hong Y.-H., Huang C.-Y. Physicochemical and antioxidant properties of gelatin and gelatin hydrolysates obtained from extrusion-pretreated fish (*Oreochromis* sp.) scales // *Marine Drugs*. 2021. V. 19 (5). P. 275. <https://doi.org/doi: 10.3390/md19050275>.

16. Xu J., Zhang T., Zhang Y., Wang X., Zhong J. Silver carp scale gelatins for the stabilization of fish oil-loaded emulsions // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. V. 186. P. 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.043>.

17. Yan Tong, Tiejin Ying. Gelling strength improvement and characterization of a gelatin from scales of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) // *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2013. V. 11 (1). P. 146–150.

18. Zhang Y., Tu D., Shen Q., Dai Z. Fish scale valorization by hydrothermal pretreatment followed by enzymatic hydrolysis for gelatin hydrolysate production // *Molecules*. 2019. V. 24. N. 16. P. 2998. DOI: 10.3390/molecules24162998.

19. Дгебуадзе Ю. Ю., Чернова О. Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. 395 с.

20. Кизеветтер И. В., Макарова Т. И., Зайцев В. П. и др. Технология обработки водного сырья. М.: Пищ. пром-сть, 1976. 696 с.

21. Кизеветтер И. В. Биохимия сырья водного происхождения. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 424 с.

22. Якубова О. С. Разработка технологической и регистрирующей структуры из чешуи рыб: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2006. 206 с.

23. Антипова Л. В., Дворянинова О. П., Чудинова Л. П. Прудовые рыбы: биотехнологический потенциал и основы рационального использования ресурсов. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий, 2012. 404 с.

24. Дворянинова О. П., Антипова Л. В. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий, 2012. 420 с.

25. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам рыб внутренних водоемов / под ред. В. П. Быкова. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. 206 с.

References

1. Vorob'ev V. I. Ispol'zovanie rybnoy cheshui v pishchevyh celyah [The use of fish scales for food purposes]. *Izvestiya KGTU*, 2020, no. 57, pp. 99-106.

2. Yakubova O. S., Dolganova N. V., Kotenko A. L. Cheshuya chastikovyh i prudovyh ryb kak syr'e dlya polucheniya ihtiozhelatina [Scales of small and pond fish as raw materials for the production of ichthyogelatin]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*, 2005, no. 5-6 (288-289), pp. 41-44.

3. Antipova L. V., Nam Do L. H. Cheshuya prudovyh ryb kak istochnik zhelatina [Scales of pond fish as a source of gelatin]. *Vestnik Voronezhskoy gosudarstvennoy tekhnologicheskoy akademii*, 2010, no. 3 (45), pp. 36-39.

4. Mezenova N. Yu., Bajdalinova L. S., Mezenova O. Ya. Ispol'zovanie gidrolizatov rybnoy cheshui v sostave bazovogo specializirovannogo pitaniya sportsmenov [The use of fish scale hydrolysates as part of the basic specialized nutrition of athletes]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*, 2014, no. 4 (340), pp. 62-65.

5. Fengxiang Zhang, Anning Wang, Zhihua Li, Shengwen He, Lijun Shao. Preparation and Characterisation of Collagen from Freshwater Fish Scales. *Food and Nutrition Sciences*, 2011, no. 2, pp. 818-823.

6. Kanokwan Matmaroh, Soottawat Benjakul, Thummanoon Prodpran, Angel B. Encarnacion, Hideki Kishimura. Characteristics of acid soluble collagen and pepsin soluble collagen from scale of spotted golden goatfish (*Parupeneus heptacanthus*). *Food Chemistry*, 2011, vol. 129, pp. 1179-1186.

7. Kodali D., Hembrick-Holloman V., Gunturu D. R., Samuel T., Jeelani S., Rangari V. K. Influence of fish scale-based hydroxyapatite on forspun polycaprolactone fiber

scaffolds. *ACS omega*, 2022, vol. 7, no. 10, pp. 8323-8335. DOI: 10.1021/acsomega.1c05593.

8. María A. Moreno-Ricardo, Paula Gómez-Contreras, Ángel Darío González-Delgado, Joaquín Hernández-Fernández, Rodrigo Ortega-Toro. Development of films based on chitosan, gelatin and collagen extracted from bocachico scales (*Prochilodus magdalenae*). *Heliyon*, 2024, vol. 10, iss. 3, e125194. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25194.

9. Md. Hafizul Islam, Mosumath Hosna Ara, Jannatul Naime, Md. Abu Rayhan Khan. Nutritional evaluation of fish scale of selected saline and fresh water fish species. *Food and Humanity*, 2024, vol. 2, p. 100225. <https://doi.org/10.1016/j.fooHum.2023.100225>.

10. Mehmet Tolga Dinçer, Özlem Yeşim Ağçay, Hülya Sargin, Huriye Bayram. Functional properties of gelatin recovered from scales of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2015, vol. 39 (1), pp. 102-109.

11. Muhammad Bilal, Javed Ali, Muhammad Umar, SherBahadar Khan, Adil Shaheen, Noushad Hussain, Rifat Jahan, Khan Malook, Mughal Qayum, Kalsoom Akhtar, Esraa M. Bakhsh. Ecofriendly synthesis of hydroxyapatite from fish scales and its application toward adsorptive removal of Pb(II). *Journal of the Indian Chemical Society*, 2024, vol. 101, iss. 8, p. 101175. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2024.101175>.

12. Cao T. H., Nguyen T. M. H., Le N. T., Karapun M. Y., Razumovskaya R. G. Physicochemical characteristics of gelatin extracted from the scales of seabream *Sparus latus* Houttuyn (using raw material from Vietnam). *Vestnik of Astrakhan State Technical University*, 2017, no. 1 (63), pp. 90-96.

13. Prashant K. Bhagwat, Padma B. Dandge. Isolation, characterization and valorizable applications of fish scale collagen in food and agriculture industries. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2016, vol. 7, pp. 234-240. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.010>.
14. Rui Duan, Junjie Zhang, Xiuqiao Du, Xingcun Yao, Kunihiko Konno. Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*Cyprinus carpio*). *Food Chemistry*, 2009, vol. 112 (3), pp. 702-706.
15. Shiao W.-C., Wu T.-C., Kuo C.-H., Hong Y.-H., Huang C.-Y. Physicochemical and antioxidant properties of gelatin and gelatin hydrolysates obtained from extrusion-pretreated fish (*Oreochromis* sp.) scales. *Marine Drugs*, 2021, vol. 19 (5), p. 275. <https://doi.org/doi: 10.3390/md19050275>.
16. Xu J., Zhang T., Zhang Y., Wang X., Zhong J. Silver carp scale gelatins for the stabilization of fish oil-loaded emulsions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, vol. 186, pp. 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2021.07.043>.
17. Yan Tong, Tiejun Ying. Gelling strength improvement and characterization of a gelatin from scales of bighead carp (*Aristichthys nobilis*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2013, vol. 11 (1), pp. 146-150.
18. Zhang Y., Tu D., Shen Q., Dai Z. Fish scale valorization by hydrothermal pretreatment followed by enzymatic hydrolysis for gelatin hydrolysate production. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 16, p. 2998. DOI: 10.3390/molecules24162998.
19. Dgebuadze Yu. Yu., Chernova O. F. *Cheshuya kostistyh ryb kak diagnosticheskaya i registriruyushchaya struktura* [Scales of bony fish as a diagnostic and recording structure]. Moscow, Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2009. 395 p.
20. Kizevetter I. V., Makarova T. I., Zajcev V. P. i dr. *Tekhnologiya obrabotki vodnogo syr'ya* [Technology of processing of water raw materials]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1976. 696 p.
21. Kizevetter I. V. *Biohimiya syr'ya vodnogo proiskhozhdeniya* [Biochemistry of raw materials of aquatic origin]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1973. 424 p.
22. Yakubova O. S. *Razrabotka tekhnologii polucheniya ihtiozhelatina iz cheshui ryb. Dissertaciya ... kand. tekhn. nauk* [Development of technology for the production of ichthyogelatin from fish scales. Dissertation ... Candidate of Technical Sciences]. Voronezh, 2006. 206 p.
23. Antipova L. V., Dvoryaninova O. P., Chudinova L. P. *Prudovye ryby: biotekhnologicheskij potencial i osnovy racional'nogo ispol'zovaniya resursov* [Pond fish: biotechnological potential and fundamentals of rational use of resources]. Voronezh, Izd-vo Voronezh. gos. un-ta inzhener. tekhnologij, 2012. 404 p.
24. Dvoryaninova O. P., Antipova L. V. *Akvakul'turnye bioresursy: nauchnye osnovy i innovacionnye resheniya* [Aquaculture bioresources: scientific foundations and innovative solutions]. Voronezh, Izd-vo Voronezh. gos. un-ta inzhener. tekhnologij, 2012. 420 p.
25. *Spravochnik po himicheskomu sostavu i tekhnologicheskim svoystvam ryb vnutrennih vodoemov* [Handbook on the chemical composition and technological properties of fish in inland waters]. Pod redakciej V. P. Bykova. Moscow, Izd-vo VNIRO, 1999. 206 p.

Статья поступила в редакцию 30.09.2024; одобрена после рецензирования 08.11.2024; принята к публикации 09.12.2024
The article was submitted 30.09.2024; approved after reviewing 08.11.2024; accepted for publication 09.12.2024

Информация об авторах / Information about the authors

Олеся Сергеевна Якубова – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; o.c.yakubova@mail.ru

Аделя Адлеровна Кушбанова – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; abaygalieva@mail.ru

Olesia S. Iakubova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Technology of Goods and Commodity Science; Astrakhan State Technical University; o.c.yakubova@mail.ru

Adelia A. Kushbanova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Technology of Goods and Commodity Science; Astrakhan State Technical University; abaygalieva@mail

