

А. В. Югай, Т. Н. Слуцкая, Н. В. Классен

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РЫБНОГО ФАРША НА ОСНОВЕ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КЕРЧАКОВ

Керчаки – объект прибрежного рыболовства, рыбы семейства *Cottidae*. Самые многочисленные в дальневосточных морях – керчак-яок (*Myoxocephalus jaok* Cuvier) и керчак многоиглый (*Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas). Исследовалась возможность использования в производстве пищевой продукции мышечной ткани указанных видов. В ходе исследования использовались стандартные методики. Установлено, что керчаки или бычки относятся к нежирным видам рыб, с содержанием липидов в пределах 2 %. Мышечная ткань рыб обладает высокими показателями буферности, но в процессе посола не способна к созреванию, поэтому дальнейшие исследования проводились с учетом ее структурно-механических свойств (водоудерживающая способность, белково-водные и липидно-белковые коэффициенты), т. к. упругоэластические свойства мяса зависят от многих причин, среди которых соотношение воды и белка играет важную роль. Рассчитанный коэффициент обводнения мышечной ткани керчаков позволил отнести их к белковой группе рыб (15–20 % белков). Изучена зависимость структурно-механических свойств мышечной ткани от содержания воды, поваренной соли и лимонной кислоты. Представлены результаты исследования взаимного влияния ингредиентов на показатель водоудерживающей способности. В результате полного двухфакторного эксперимента определены оптимальные значения добавляемой воды и лимонной кислоты для получения заданной структуры и вязкости фарша. Обоснована дальнейшая технология переработки сырья, а также показана целесообразность использования мышечной ткани рыб в производстве кулинарной продукции.

Ключевые слова: керчак-яок (*Myoxocephalus jaok* Cuvier), керчак многоиглый (*Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas), нежирные виды рыб, мышечная ткань, водоудерживающая способность, кулинарная продукция, пищевые добавки.

Введение

Возможность переработки рыбы во многом определяется не только выходом съедобных частей, но и химическим составом, структурно-механическими свойствами мышечной ткани. В зависимости от химического состава рыба может использоваться для производства жирной деликатесной продукции или для производства кулинарной продукции, где недостаток липидов компенсируется внесением дополнительных ингредиентов. По способности к созреванию и накоплению белковых веществ, обуславливающих вкус и консистенцию готовой продукции, рыбу условно делят на созревающие и несозревающие виды. Созревающие виды рыб, такие как сельдь тихоокеанская, кета или горбуша, направляют на производство пресервов, соленой или копченой деликатесной продукции. Мышечная ткань несозревающих видов рыб не способна приобретать в процессе технологической обработки нежную консистенцию и приемлемые органолептические свойства.

Особые трудности возникают при переработке малоизвестных видов рыб или нетрадиционных. Это в основном рыба, которая идет в прилове или является объектом прибрежного рыболовства.

Керчаки или бычки – рыбы семейства *Cottidae* – обитают в прибрежных зонах морей Дальневосточного региона. Известно, что среди всех видов бычков, встречающихся в промысловых районах Приморья, керчак-яок и керчак многоиглый являются наиболее многочисленными. Имеющиеся в настоящее время данные (работы Т. М. Бойцовой, А. П. Диденко, Т. А. Давлетшиной и др.) об оценке их качества и возможности рационального использования носят достаточно фрагментарный характер и нуждаются в уточнении. Известно, что выход съедобных частей керчаков невелик, но химический состав мышечной ткани и ее реологические характеристики представляют несомненный интерес для рыбной промышленности.

Именно поэтому мы считаем целесообразными исследования химического состава и структурно-механических свойств мышечной ткани керчаков, т. к. их результаты в перспективе позволят получать продукцию высокого качества с положительными органолептическими свойствами.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали мышечную ткань таких двух видов бычка, как керчак-яок (*Myoxocephalus jaok* Cuvier) и керчак многоиглый (*Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas).

Определение химического состава осуществляли стандартными методами по ГОСТ 7636-85 [1]. Формующие свойства фарша оценивали по органолептической характеристике и водоудерживающей способности (ВУС). Показатели определяли по стандартным методикам [2, 3]. Результаты исследований обрабатывали с применением математических методов регрессионного анализа. Расчет коэффициентов уравнений регрессии, проверку адекватности уравнений регрессии и поиск оптимума полученной функции в заданной области факторного пространства осуществляли с использованием программы DataFit Ver. 8.1. Для расчета коэффициентов корреляции и обработки статистических данных отдельных показателей, стандартного отклонения и достоверности различий по критерию Стьюдента использовали программу Microsoft Office Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Данные по химическому составу мышечной ткани керчаков приведены в табл. 1. Существенных различий в содержании белков и липидов в мышечной ткани обоих видов не обнаружено.

Таблица 1

Химический состав мышечной ткани рыб

Вид рыб	Содержание, %			
	воды	белков	липидов	минеральных веществ
Керчак-яок	76,2–79,5	15,2–18,4	1,0–2,1	1,1–1,4
Керчак многоиглый	74,0–78,9	14,8–19,1	0,8–2,0	1,1–1,2

По результатам исследования химического состава бычков можно отметить, что керчак-яок и керчак многоиглый относятся к столовым видам рыб или к тощим, т. к. содержание липидов в мышечной ткани не превышает 2 %. По содержанию белков керчаков условно можно отнести к белковым видам рыб. Полученные данные свидетельствуют о том, что химический состав мяса керчаков близок к химическому составу мяса таких рыб, как треска, навага, зубатка.

Результаты наших исследований показали, что химический состав мышечной ткани керчаков представлен белками – 14,8–18,4 %, липидами – 1,0–2,1 %, водой – 76,2–79,5 % и минеральными веществами – 1,2–1,5 %.

Известно, что упругоэластические свойства мяса зависят от многих причин, среди которых соотношение воды и белка играет важную роль. Рассчитанный нами коэффициент обводнения мышечной ткани керчаков показал, что их можно отнести к белковой группе рыб (15–20 % белков).

При сравнении полученных нами значений коэффициентов обводнения K_0 различных видов рыб со значениями коэффициентов обводнения керчаков установлено, что наименее обводнены белки керчака многоиглого – 4,2, керчак-яок имеет сходный показатель; но это несколько меньше, чем было известно ранее. Так, по данным И. В. Кизеветтера [4], в мышечной ткани керчаков на одну часть белка приходится 4,6–5,0 весовых частей воды. Следует отметить, что упомянутые результаты приведены для керчаков в общем, без указания их вида. Хотя различия коэффициентов обводнения между белками керчаков и минтая незначительны, мышечная ткань исследуемых видов рыб более плотная, при надавливании потеря мышечного сока меньше по сравнению с потерей мышечного сока минтаем или навагой. По сравнению с мышечной тканью макруруса, коэффициент обводнения которого находится в пределах 13,0–18,5 [5], степень обводнения белков исследуемых объектов ниже, возможно этим и объясняется более высокая оценка консистенции: мясо более нежное, сочное и не такое водянистое (табл. 2).

Коэффициент, показывающий отношение липидов к белкам мышечной ткани $K_{ж}$, у керчаков составляет 0,09, что существенно выше, чем у минтая и трески. Исходя из этого, можно предположить, что в сравнении с мясом минтая и трески мясо керчаков имеет более плотную и сочную консистенцию благодаря более низкому коэффициенту обводнения. Известно, что чем выше коэффициент, показывающий количественное отношение липидов к белкам, тем нежнее мясо рыбы [4], что является дополнительным объяснением более высокой оценки консистенции мышечной ткани керчаков по сравнению с другими промысловыми рыбами.

**Водно-белковый и липидно-белковый коэффициенты
мышечной ткани рыб**

Вид рыб	Отношение	
	Вода : белки, K_0	Липиды : белки, $K_ж$
Керчак-яок	4,40	0,09
Керчак многоиглый	4,20	0,08
Минтай	4,49	0,03
Треска	4,66	0,01
Лемонема	5,23	0,02
Навага дальневосточная	4,30	0,02
Зубатка	4,71	0,08

Результаты исследований, проведенных нами ранее, показали, что мышечная ткань керчаков в процессе посола не приобретает мягкую консистенцию и выраженные вкус и аромат созревших пресервов, поэтому дальнейшие исследования были направлены на изучение возможности использовать мышечную ткань керчаков в технологии кулинарной продукции.

Исследования ВУС мышечной ткани керчаков существенных различий не выявили: ВУС мышечной ткани керчака многоиглого составила 49,7 %, керчака-яока – 50 %. С увеличением времени экспозиции до 60 минут эти показатели практически не изменялись.

По сравнению с мышечной тканью минтая, ВУС которого находится в пределах 30 %, этот показатель для керчаков существенно выше, чем и объясняется более нежная и в то же время стабильная консистенция фарша из мышечной ткани.

Для дальнейшего определения функциональных свойств фарша устанавливали зависимость ВУС от количества добавляемой воды. Эксперименты проводили при температуре 18 ± 2 °С, время экспозиции – 30 минут. Опытные образцы готовили, добавляя в фарш различное количество воды, которое варьировалось от 10 до 50 % с шагом 10.

Результаты эксперимента показали, что при увеличении количества воды, добавляемой в фарш из мышечной ткани керчаков, ВУС увеличивается (рис. 1).

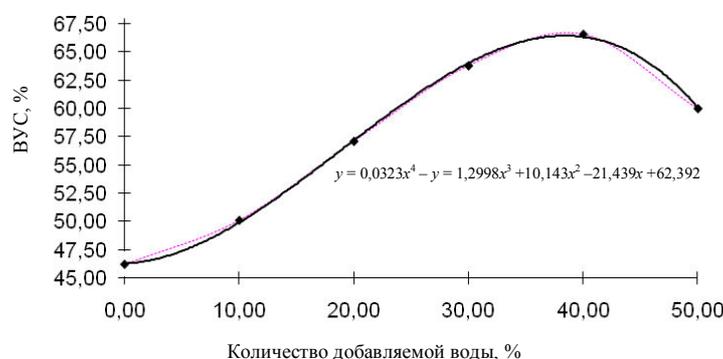


Рис. 1. Изменение водоудерживающей способности мышечной ткани керчаков в зависимости от количества добавляемой воды

Наиболее высоким показателем ВУС отличался образец, содержащий 40 % воды – 66 %. Вероятными причинами увеличения этого показателя для фарша могут быть измельчение мышечного волокна рыбы и взаимодействие гидрофильных групп белков с водой [6]. Содержание воды в фарше выше 40 % привело к образованию текучей консистенции, формование фарша было затруднено, ВУС уменьшилась и при количестве добавляемой воды 50 % находилась на уровне 60 %. Корреляционный анализ показал высокую зависимость между исследуемым показателем и содержанием воды в фаршевой системе.

Следующим этапом эксперимента было исследование влияния поваренной соли на ВУС фарша. Установлено, что увеличение содержания поваренной соли в системе ведет к частичной потере ВУС, но при этом фарш приобретает более липкую, вязкую и однородную консистенцию.

При содержании соли в фарше 1–2 % ВУС составляла 48,3 %, добавление воды способствовало увеличению этого показателя. Наибольшее значение наблюдалось в образце, где количество добавляемой воды составляло 30 % при содержании поваренной соли в пределах 1–2 %. После 30 минут экспозиции показатель находился в пределах 55,8 %. Увеличение времени экспозиции фарша не привело к существенным изменениям.

При дальнейшем увеличении количества воды показатель ВУС незначительно снизился и составил 53,5 %. Повышение содержания соли в фаршевой системе привело к тому, что показатели ВУС снизились. Увеличение содержания соли до 10 % привело к снижению ВУС до 44,6 %, что оказалось несколько ниже первоначального значения ВУС в фарше без добавок – 43 %.

Исследование взаимного влияния воды и соли (рис. 2) позволило сделать заключение, что наиболее рациональной композицией является фаршевая система, содержащая 20 % воды и 0,5 % поваренной соли. Однако окончательное решение о количестве воды, добавляемой в фарш, должно было быть принято после оценки качественных показателей готовых изделий.

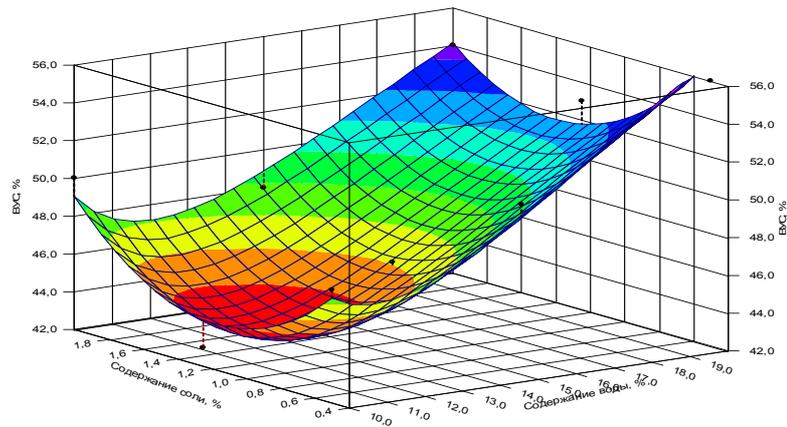


Рис. 2. Изменение водоудерживающей способности мышечной ткани керчаков в зависимости от количества добавляемой воды и поваренной соли

Имеются сведения об использовании молочнокислых заквасок при получении формованных изделий на основе рыбных фаршей, причем в большинстве случаев результатом действия добавок подобного типа являлось снижение рН системы до 4–5 [7]. Исходя из этого, мы исследовали влияние лимонной кислоты в количестве от 0,04 до 0,06 %, способствующей снижению рН фаршевой системы. Отметим, что рН нативной мышечной ткани керчаков составил 6,6. Установлено, что при добавлении лимонной кислоты фаршевая система приобретает более липкую и вязкую консистенцию, чем при введении только поваренной соли (рис. 3).

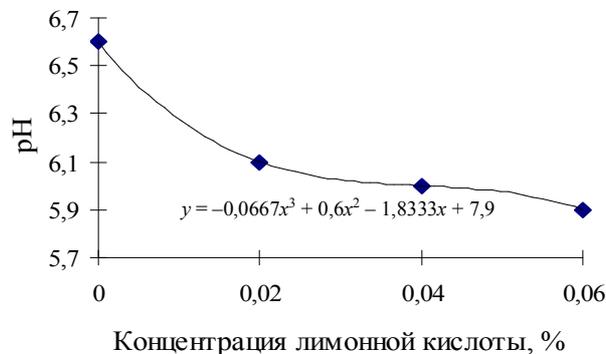


Рис. 3. Зависимость рН фарша от количества лимонной кислоты

Затем была проведена органолептическая оценка внешнего вида и консистенции фаршей, содержащих разное количество добавляемой воды, лимонной кислоты и хлорида натрия, а также готовых изделий – котлет.

Результаты показали, что при увеличении количества лимонной кислоты консистенция и цвет фарша улучшаются. Последнее не противоречит известным данным о процессах обезвечивания мышечной ткани рыб под влиянием этого фактора [8]. Органолептическая оценка готовых изделий показала, что при добавлении 0,02 % лимонной кислоты существенных изменений по сравнению с контрольными образцами не произошло, а добавление 0,06 % лимонной кислоты привело к появлению выраженного кислого вкуса. Образцы с добавлением 0,04 % лимонной кислоты получили положительную оценку благодаря высокой оценке цвета и отсутствию постороннего привкуса. Влияние количества добавляемой воды на показатели консистенции фаршей, оцениваемые экспертно по балльной системе, исследовалось на образце, содержащем 1,5 % поваренной соли и 0,04 % лимонной кислоты. Кроме этого, проводилась органолептическая оценка готовой продукции.

Таким образом, консистенция фаршевых систем зависит не только от количества воды, добавляемой в систему, но и от количества лимонной кислоты. Установлено, что при добавлении 10 % воды структура фарша оценивалась как излишне плотная, при добавлении 30–40 % воды консистенция была излишне текучей. Содержание воды 15–20 % в фаршевой смеси было оценено как наиболее приемлемое, что было подтверждено органолептической оценкой готовых изделий, которая в данном случае была наиболее высокой, тогда как при меньшем содержании воды консистенция котлет оценивалась как излишне плотная, а при содержании более 25 % воды – как мажущаяся с невыраженным вкусом.

Для математической обработки полученных экспериментальных данных был проведен полный двухфакторный эксперимент: x_1 – содержание воды; x_2 – содержание лимонной кислоты. Выходной параметр – значения ВУС для каждого образца. Матрица полного двухфакторного эксперимента (табл. 3) позволяет спланировать все возможные неповторяющиеся комбинации варьирования факторов.

Таблица 3

Матрица полного двухфакторного эксперимента

Номер эксперимента	Факторы в натуральном масштабе		Факторы в безразмерной системе координат			Выходной параметр
	z_1	z_2	x_0	x_1	x_2	
1	10	0,02	0	-1	-1	40
2	20	0,02	0	+1	-1	40
3	10	0,06	0	-1	+1	38
4	20	0,06	0	+1	+1	45
5	15	0,04	0	0	0	56
6	20	0,04	0	+1	0	48
7	10	0,04	0	-1	0	45
8	15	0,06	0	0	+1	50
9	15	0,02	0	0	-1	49

Для решения поставленной задачи было проведено математическое планирование эксперимента с последующей обработкой данных и графическая интерпретация выявленных зависимостей.

В качестве доминирующих факторов было выбрано содержание воды x_1 и лимонной кислоты (к общей массе фарша) x_2 . Пределы варьирования фактора x_1 составляли 0,02–0,06 %, фактора x_2 – 10–20 %.

Целью эксперимента было уточнение оптимально возможного количества воды и лимонной кислоты, которые возможно внести в фаршевую смесь, не нарушив при этом ее способности к формованию.

Параметром оптимизации y был показатель ВУС фаршевой смеси. Зависимость, полученная в результате математической обработки, адекватно выражается следующим уравнением регрессии (рис. 4):

$$y = -45 + 10x_1 + 970x_1^2 - 1500x_2^2 + 17,5x_1x_2.$$

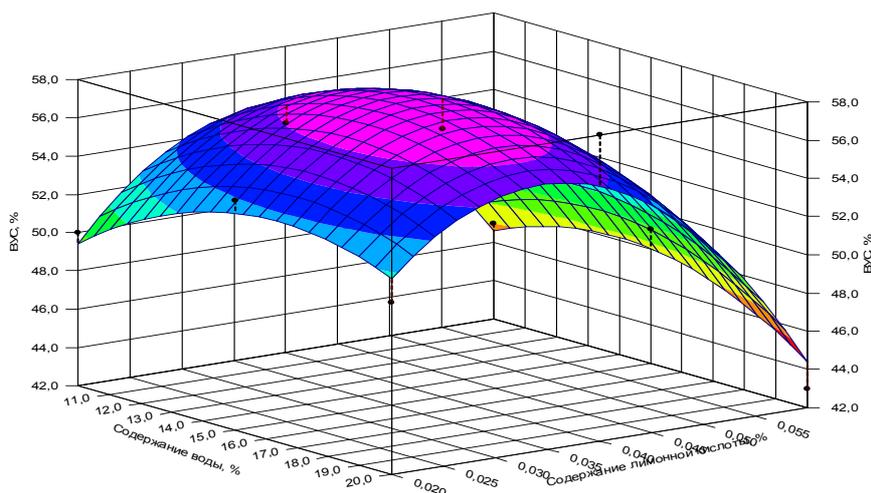


Рис. 4. Влияние содержания воды и лимонной кислоты на водоудерживающую способность фарша

По результатам расчетов установлено, что наиболее рациональным при постоянном количестве поваренной соли, равном 1,5 %, можно считать содержание воды 15 % и содержание лимонной кислоты 0,04 %. При выполнении этих условий образуется композиция, позволяющая получать стабильную фаршевую систему с требуемыми структурно-механическими свойствами. Полученная на ее основе кулинарная продукция обладает сочной консистенцией и ярко выраженным вкусом.

Заключение

Химический состав мышечной ткани и ее реологические характеристики керчаков представляют несомненный интерес для рыбной промышленности.

Результаты исследований показали, что химический состав мышечной ткани керчаков представлен белками – 14,8–18,4 %, липидами – 1,0–2,1 %, водой – 76,2–79,5 % и минеральными веществами – 1,2–1,5 %, т. е. к белковым нежирным видам рыб.

Для определения функциональных свойств фарша из мышечной ткани керчаков поэтапно устанавливали зависимость ВУС от количества добавляемой воды, поваренной соли и лимонной кислоты.

Установлено, что при постоянном количестве поваренной соли, равном 1,5 %, наиболее рациональным является содержание воды 15 % и содержание лимонной кислоты 0,04 %. Композиция, образующаяся при выполнении этих условий, позволяет получать стабильную фаршевую систему с необходимыми структурно-механическими свойствами, определяющую сочную консистенцию и ярко выраженный вкус готовой кулинарной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1991. 17 с.
2. Лазаревский А. А. Технохимический контроль в рыбоперерабатывающей промышленности / А. А. Лазаревский. М.: Пищепромиздат, 1955. 519 с.
3. Сафронова Т. М. Органолептическая оценка рыбной продукции. Справочник / Т. М. Сафронова. Агропромиздат, 1985. 215 с.
4. Кизеветтер И. В. Биохимия сырья водного происхождения / И. В. Кизеветтер. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 423 с.
5. Караулова Е. П. Некоторые особенности биохимии мышц глубоководных рыб / Е. П. Караулова, С. В. Леваньков, Е. В. Якуш // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 148. С. 297–305.
6. Калиниченко Т. П. Обоснование технологии малосоленой пастообразной продукции из горбуши / Т. П. Калиниченко // Изв. ТИНРО. 1999. Т. 125. С. 374–382.

7. Трухин Н. В. Совершенствование технологии приготовления рыбного фарша из пелагических рыб за рубежом / Н. В. Трухин // Обработка рыбы и морепродуктов: экспресс-информ. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1990. №. 6. С. 1–8.

8. Миленина Н. И. Разработка составов посольных смесей с пониженным содержанием ионов Na для производства слабосоленой продукции из лососевых / Н. И. Миленина, Н. Т. Поваляева // Изв. ТИПРО. 1992. Т. 114. С. 135–139.

Статья поступила в редакцию 3.07.2014

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Югай Алевтина Витальевна – Россия, 692902, Находка; филиал Владивостокского государственного университета экономики и сервиса; канд. техн. наук; доцент кафедры «Дизайн и сервис»; Kerchak1979@gmail.com.

Слущкая Татьяна Ноевна – Россия, 690950, Владивосток; ТИПРО-Центр; г-р техн. наук, профессор; зав. отделом безопасности гидробионтов; Kerchak1979@gmail.com.

Классен Наталья Викторовна – Германия, Дрезден; г-р техн. наук; член общественной организации «Frauenfürderwerk Dresden e.V.»; Kerchak1979@gmail.com.



A. V. Yugai, T. N. Slutskaya, N. V. Klassen

RESEARCH OF WATER-RETAINING ABILITY OF FISH MINCE ON THE BASIS OF THE SCULPINS MUSCULAR TISSUE

Abstract. Sculpins are the object of inshore fishery, a fish of *Cottidae* family. *Myoxocephalus jaok* and *Myoxocephalus polyacanthocephalus* are considered as the most numerous in the Far East seas. The possibility of using muscular tissues of the specified types in food production is examined. The standard techniques were used during the research. The results of the researches of the chemical composition of sculpins showed that fish or bull-calves are low-fat species, with the lipid content within 2 %. Fish muscular tissue has high rates of buffer action, but during the salting process, it isn't capable to mature, therefore further researches were based on its functional and technological properties (water-retaining capacity, protein/water and lipid/protein coefficients), as elastic properties of meat depend on many reasons, among which the ratio of water and protein plays an important role. The calculated coefficient of flood of muscular tissue of sculpins showed that they correspond to protein group of fishes (15–20 % of proteins). The dependence of structural and mechanical properties of muscular tissue on concentration of water, table salt and lemon acid is studied. The results of the research of mutual influence of ingredients on an indicator of water-retaining capacity are presented. As a result of the complete two-factorial experiment, the optimum values of brought water and lemon acid for receiving the set structure and viscosity of fish mince are defined. On the basis of the obtained data the further technology of processing of raw materials is proved, and also the expediency of use of muscular tissue of fishes in production of culinary products is shown.

Key words: *Myoxocephalus jaok* Cuvier, *Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas, low-fat fish species, muscular tissues, water-retaining capacity, culinary product, food additives.

REFERENCES

1. GOST 7636-85. *Ryba, morskije mlekopitajushchie, morskije bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki. Metody analiza* [Fish, sea mammals, sea invertebrates and products of their processing. Methods of the analysis]. Moscow, Izd-vo standartov, 1991. 17 p.
2. Lazarevskii A. A. *Tekhnokhimicheskii kontrol' v rybopererabatyvaiushchei promyshlennosti* [Technochemical control in fish processing industry]. Moscow, Pishchepromizdat, 1955. 519 p.

3. Safronova T. M. *Organolepticheskaia otsenka rybnoi produktsii. Spravochnik* [Organoleptic evaluation of fish products. Reference]. Moscow, Agropromizdat, 1985. 215 p.
4. Kizevetter I. V. *Biokhimiia syr'ia vodnogo proiskhozhdeniia* [Biochemistry of aquatic raw materials]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1973. 423 p.
5. Karaulova E. P., Levan'kov S. V., E. V. Iakush. Nekotorye osobennosti biokhimii myshts glubokovodnykh ryb [Some features of biochemistry of muscles of deep water fishes]. *Izvestiia Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhoziaistvennogo tsentra*, 2007, vol. 148, pp. 297–305.
6. Kalinichenko T. P. Obosnovanie tekhnologii malosolenoi pastoobraznoi produktsii iz gorbushi [Explanation of the technology of slightly salt paste-like products from humpback salmon]. *Izvestiia Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhoziaistvennogo tsentra*, 1999, vol. 125, pp. 374–382.
7. Trukhin N. V. Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniia rybnogo farsha iz pelagicheskikh ryb za rubezhom [Improvement of technology of production of fish mince from pelagic fishes abroad]. *Obrabotka ryby i moreproduktov: ekspress-informatsiia*. Moscow, TsNIITEIRKh, 1990, no. 6, pp. 1–8.
8. Milenina N. I., Povaliaeva N. T. Razrabotka sostavov posol'nykh smesei s ponizhennym soderzhaniiem ionov Na dlia proizvodstva slabosolenoi produktsii iz lososevykh [Development of the composition of salting mixtures with reduced content of Na ions for production of slightly salt products from salmon]. *Izvestiia Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhoziaistvennogo tsentra*, 1992, vol. 114, 1992, pp. 135–139.

The article submitted to the editors 3.07.2014

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yugai Alevtina Vitalievna – Russia, 692902, Nakhodka; Branch of Vladivostok State University of Economics and Service; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department "Design and Service"; Kerchak1979@gmail.com.

Slutskaya Tatyana Noevna – Russia, 690950, Vladivostok; TINRO-Centre; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Hydrobionts Safety Department; Kerchak1979@gmail.com.

Klassen Natalia Victorovna – Germany, Dresden; Doctor of Engineering; Member of the Public Organization "Frauenfürderwerk Dresden e. V."; Kerchak1979@gmail.com.

