

Научные аспекты эффективности использования макруруса, ставриды и сардинеллы в технологии пищевых продуктов

Т.А. Игнатова,
Н.Г. Строчкова,
Н.В. Семикова,
Т.В. Родина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: ignatovavnro@yandex.ru

Увеличение российского вылова водных биоресурсов возможно обеспечить за счёт недоиспользуемых ресурсов Мирового океана, к которым можно отнести такие виды рыб как ставриду, сардинеллу и макрурус. Проведены исследования по изучению размерно-массового состава ставриды, сардинеллы и макруруса который показал, что выход филе при разделки макруруса составил 61,2%, ставриды крупной 63,3%, ставриды мелкой 47,9%, а сардинеллы 54,8%. На основании данных фракционного состава белков и структурно-механических свойств мышечной ткани установлена целесообразность изготовления из ставриды и сардинеллы разнообразной формованной продукции и фаршевых изделий типа сосисок и колбас, а из макруруса диетических пастообразных продуктов питания. Научно обоснованы рациональные параметры измельчения мышечной ткани ставриды, сардинеллы (2 мин при 3000 об/мин) и макруруса (6 мин при 3000 об/мин). Установлено, что создание устойчивых белково-жировых эмульсий на основе фаршей макруруса, ставриды и сардинеллы возможно при соотношении белка, жира и воды 1:2,1÷3,5:9 для макруруса; 1:0,3:13,2 для ставриды и сардинеллы.

Ключевые слова: макрурус малоглазый *Albatrossia pectoralis*, ставрида обыкновенная *Trachurus trachurus*, сардинелла круглая *Sardinella aurita*, пищевая ценность, технологические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбная отрасль является одной из важнейших в экономике России и имеет стратегическое значение для обеспечения продовольственной безопасности страны. Российский вылов водных биоресурсов (ВБР) в 2018 году составил около 5,0 млн тонн [Статистические сведения..., 2018].

Продовольственная безопасность страны – проблема комплексная и многоплановая, предполагающая устойчивое производство пищевой, кормовой, технической продукции. Сохранение здоровья нации, снижение уровня смертности и увеличение продолжительности жизни являются важнейшими задачами любого государства.

Улучшение здоровья населения страны может быть достигнуто за счёт обеспечения его полноценным и сбалансированным питанием, в основе которого лежит употребление функциональных и лечебно-профилактических пищевых продуктов, а также биологически активных веществ.

Для успешного развития рыбохозяйственного комплекса правительством Российской

Федерации были приняты стратегии, направленные на комплексную переработку водных биоресурсов и разработку современных технологий производства рыбной пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками, в том числе функциональной и специализированной [Стратегия повышения..., 2016; Стратегия развития ..., 2019].

В настоящее время увеличение российского вылова, предусмотренного программными документами, возможно обеспечить за счёт недоиспользуемых ресурсов Мирового океана, в том числе таких массовых видов океанических рыб как ставрида, сардинелла, макрурус.

Объёмы добычи макруруса в период с 2009–2017 гг. варьируются от 16 до 30 тыс. т/год (рис. 1), при этом освоение сырьевой базы составляет порядка 43,6% [Статистические сведения..., 2011, 2013, 2015, 2017, 2018].

Уловы ставриды, в этот же период, были достаточно непостоянны и достигли максимального уровня (111 тыс. т) в 2017 г., минимальный вылов пришёлся на 2014 г. и составил поряд-

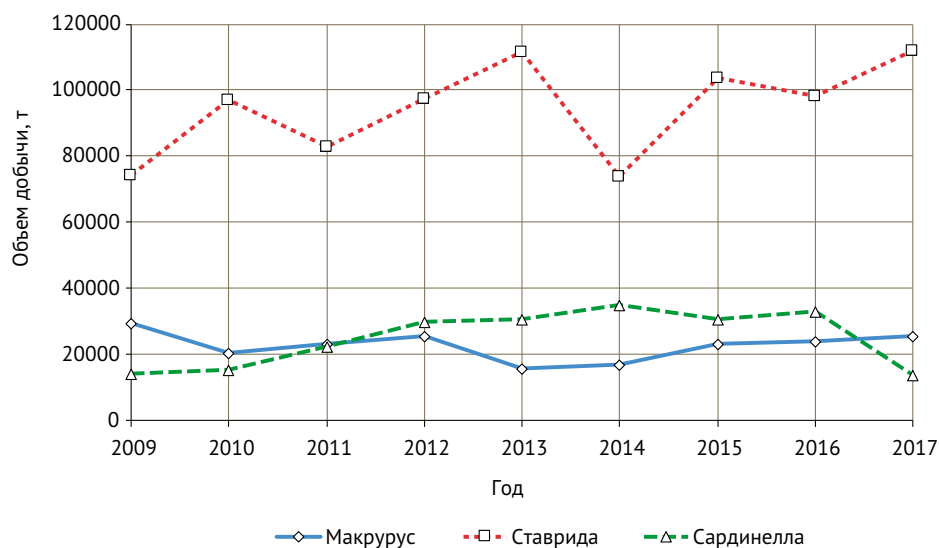


Рис. 1. Улов Российской Федерацией макруруса, ставриды и сардинеллы в период с 2009 по 2017 гг.

ка 74 тыс. т. В 2011 г. освоение запасов ставриды составило около 43,9%. Для сардинеллы, начиная с 2010 г., наблюдался прирост объёма добычи, который составил порядка 15 тыс. т, а в 2017 г. произошло его снижение на 42% [Глубоковский, 2012; Статистические сведения..., 2011; 2013; 2015; 2017; 2018].

Таким образом, данные виды рыб можно отнести к недоиспользуемым объектам промысла.

Известно, что эффективность использования ВБР для выпуска определённых типов продуктов определяется комплексом функционально-технологических свойств сырья, к которым относятся структурно-механические и технологические свойства мышечной ткани рыб.

В связи с этим поставлена цель изучить структурно-механические и технологические свойства мышечной ткани макруруса, ставриды, сардинеллы для определения эффективности использования данного вида сырья для производства пищевых продуктов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследований использовали макрурус малоглазый (*Albatrossia pectoralis* (Gilbert, 1892)), сардинеллу круглую (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847), ставриду обыкновенную (*Trachurus trachurus* (L., 1758)).

Отбор проб и подготовку средней пробы проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31339 и ГОСТ 7631. Размерно-массовый состав рыб определяли по ГОСТ 7631 и И.В. Кизеветтеру [1976].

Органолептические показатели качества пастообразных продуктов из макруруса и ставриды проводили по пятибалльной шкале [Сафронова, 1998; Кантере, 2003; Родина, 2004].

Определение массовой доли воды и минеральных веществ проводили по ГОСТ 7636.

Общее содержание азотистых веществ в образцах определяли по методу Кьельдаля [ГОСТ 7636] с применением автоазотоанализатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300.

Определение массовой доли липидов проводили по методу Сокслета [ГОСТ 7636] на автоматическом экстракторе Сокслета фирмы VELP SER 148/6 при использовании 2-й программы (для растворителя – диэтиловый эфир).

Содержание углеводов определяли по формуле:

$$Y = 100 - (B + 3 + B + L), \quad (1)$$

где Y – содержание углеводов, %; B – содержание воды, %; 3 – содержание минеральных веществ, %; B – содержание белка, %; L – содержание липидов, %.

Энергетическую ценность 100 г филе рыбы определяли по формуле:

$$E = 4,1868 \sum e_i \cdot m_i, \quad (2)$$

где E – энергетическая ценность 100 г филе рыбы, кДж; e_i – теплота сгорания компонента (коэффициент энергетической ценности), ккал/г; m_i – массовая доля компонента в продукте, г/100 г; 4,1868 – коэффициент перевода ккал в кДж.

Фракционный состав белков мышечной ткани макруруса, ставриды и сардинеллы и небелковый азот анализировали по методу А.А. Лазаревского [1955].

Белковый коэффициент рассчитывали по формуле [Абрамова, 2003]:

$$K_6 = N_{\text{сол}}/N_{\text{вод}}, \quad (3)$$

где K_6 – белковый коэффициент; $N_{\text{сол}}$ – содержание азота в солерастворимой фракции белка, %; $N_{\text{вод}}$ – содержание азота в водорастворимой фракции белка, %.

Коэффициент обводнения рассчитывали по формуле [Абрамова, 2003]:

$$K_0 = \text{Влага}/N_{\text{сол}}+N_{\text{вод}}, \quad (4)$$

где K_0 – коэффициент обводнения; Влага – содержание влаги в образце, %; $N_{\text{сол}}$ – содержание азота в солерастворимой фракции белка, %; $N_{\text{вод}}$ – содержание азота в водорастворимой фракции белка, %.

Коэффициент структурообразования рассчитывали по формуле [Абрамова, 2003]:

$$K_{\text{ст}} = N_{\text{сол}}/N_{\text{общ}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{ст}}$ – белковый коэффициент; $N_{\text{сол}}$ – содержание азота в солерастворимой фракции белка, %; $N_{\text{общ}}$ – содержание общего азота, %.

Предельное напряжение сдвига мышечных тканей и фаршей рыб определяли на приборе RHEOMETER (скорость адаптора 30 см/мин; диаметр насадки 1 см).

Эффективную вязкость рассчитывали по формуле [Косой и др., 2005]:

$$\eta = 975(K-0,76), \quad (6)$$

где η – эффективная вязкость, Па·с; 975 – коэффициент, характеризующий темп роста вязкости, Па·с; K – коэффициент химического состава.

Предельное статическое и предельно динамическое напряжения сдвига мышечной ткани рыб рассчитывали по формуле [Косой и др., 2005]:

$$\theta_0 (\theta_{\text{од}}) = A \cdot K, \quad (7)$$

где $\theta_0 (\theta_{\text{од}})$ – предельное статическое (динамическое) напряжение сдвига, Па; A – коэффициент, характеризующий темп роста величины предельного напряжения сдвига, Па, равный для соответственно статистического и динамического предельного напряжения сдвига мы-

шечной ткани рыбы – 1600 и 1890. Таким образом, $\theta_0=1890 \cdot K$, $\theta_{\text{од}}=1600 \cdot K$; K – коэффициент химического состава.

Коэффициент химического состава рассчитывали по формуле [Косой и др., 2005]:

$$K = B/(\varphi \cdot U_w), \quad (8)$$

где K – коэффициент химического состава; B , φ – содержание соответственно белка и жира в 1 кг фарша, кг/кг; U_w – влагосодержание (содержание влаги в 1 кг абсолютно сухого остатка), кг/кг.

Белково-водный коэффициент (БВК) рассчитывали по формуле [Кизеветтер и др., 1976]:

$$\text{БВК} = B \times 100/B, \quad (9)$$

где БВК – белково-водный коэффициент, г белка приходящегося на 100 г воды; B – содержание белка, %; B – содержание воды в мясе рыбы, %

Водоудерживающую способность (ВУС) фаршей макруруса, ставриды и сардинеллы проводили по методу, основанному на определении количества свободной и слабосвязанной влаги, выделяющейся из образца при воздействии фиксированной нагрузки (1 кг). Расчёт величины ВУС осуществляли по формуле [ГОСТ 7636]:

$$\text{ВУС} = (1 - 8,4 \cdot S_w/m) \cdot 100, \quad (10)$$

где ВУС – водоудерживающая способность, %; S_w – площадь влажного пятна, находят по разности площадей общего пятна (внешний контур) и пятна от раздавленной навески (внутренний контур), см²; m – общее содержание влаги в навеске, мг.

Пластичность фаршей макруруса, ставриды и сардинеллы оценивали по методу, основанному на определении степени раздавливания навески фарша при воздействии фиксированной нагрузки (1 кг). Расчёт величины пластичности осуществляли по формуле [Антипова и др., 2001]:

$$P = S_H/M, \quad (11)$$

где P – пластичность, см²/г; S_H – площадь пятна от раздавленной навески см²; M – масса навески фарша, г.

Для определения стабильности фаршевой эмульсии из мышечной ткани рыбы навеску мышечной ткани измельчали в течение 2 минут при скорости 3000 об/мин, далее вводили расчётное количество липидной фазы (раститель-

ное масло) или воды и продолжали измельчать в течение 4 мин при 3000 об/мин. Полученные эмульсии центрифугировали в течение 15 мин при 2500 об/мин. Стабильность эмульсий определяли по формуле [Антипова и др., 2001]:

$$u = (a/b) \times 100, \quad (12)$$

где u – стабильность эмульсии, %; a – количество устойчивой фазы эмульсии, мл; b – общий объём эмульсии, мл.

Долю отделившейся водной D_v (масляной D_m) фазы определяли по формуле [Антипова и др., 2001]:

$$D_v (D_m) = (a/b) \times 100, \quad (13)$$

где $D_v (D_m)$ – доля водной (масляной) фазы; a – количество водной (масляной) фазы, выделившейся из фарша, мл; b – общий объём фарша, мл.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размерно-массовый состав водных биоресурсов является наиболее важной технологической характеристикой и позволяет оценивать выход съедобных частей тела рыб и отходов от их разделки.

Размерно-массовый состав

На промысловых судах макрурус подвергают специальной разделке таким образом, что на рыбоперерабатывающие предприятия, производящие пищевую продукцию из макруруса, поступает тушка макруруса мороженая.

Средняя масса тушки макруруса составляла 1381,8 г, а длина – порядка 34,7 см. На филе макруруса в среднем приходится 69,5% от массы размороженной тушки, на кожу и чешую – 10,3%, плавники – 5,0% и кости – 12,7%. Выход съедобной части после разделки тушки составил около 61,2%, отходов (кожа, чешуя, плавники, кости) – 24,7%, при этом потери при размораживании и разделке составляют около 14,1%.

Сырьевая база ставриды представлена мелкой неразделанной и крупной разделанной на тушку рыбой. Согласно проведённым исследованиям тушки крупной ставриды характеризуются следующим средним весовым составом частей тела (% от массы размороженной тушки): мышечная ткань – 66,6±0,3; кожа и жучки – 12,7±0,5; кости – 15,0±0,3; плавники – 5,2±0,3. Выход филе и отходов от разделки тушек став-

риды составил 63,3±1,3 и 30,8±0,1% соответственно, при этом потери при размораживании и разделке – 5,9±1,4%.

Мелкая ставрида океаническая характеризуется следующим средним весовым составом частей тела (% от массы размороженной рыбы): филе – 48,6±0,1, головы – 21,2±0,1, кожа и жучки – 5,0±0,1, внутренности – 8,7±0,1, плавники – 7,3±0,1, кости – 7,3±0,1. Абсолютная и промысловая длина составляет 28,8 и 24,1 см, соответственно. Масса целой размороженной рыбы составляет 250,7 г. Выход филе и отходов от разделки рыб составил 47,9±0,1% и 48,7±0,1%, соответственно, при этом потери при размораживании и разделке составляют 3,4±0,1%.

Данные по размерно-массовым характеристикам сардинеллы показали, что промысловая длина в среднем составляет 27,5 см, вес целой рыбы – 320 г. Весовой состав частей тела (% от массы размороженной рыбы): голова – 16,6; филе с кожей – 54,8; кости – 6,2; плавники – 4,7; внутренности – 13,6 и чешуя – 2,9. Выход филе с кожей от массы замороженной сардинеллы составил 54,8%, отходов – 43,1%. Потери при размораживании и разделке – 2,1% от массы замороженной рыбы.

Химический состав

Исследование химического состава макруруса, ставриды и сардинеллы показало, что по содержанию белка в мышечной ткани (9,8–10,1%) макрурус может быть отнесён к низкобелковым рыбам и тощим – по незначительному содержанию липидов (0,5–0,6%). Энергетическая ценность мышечной ткани макруруса составляет 184–188 кДж/100 г (табл. 1).

Таким образом, фарш из мяса макруруса целесообразно использовать в качестве основного компонента при создании диетических продуктов питания, в том числе функциональных.

Из данных табл. 1 видно, что мышечные ткани ставриды и сардинеллы являются высокобелковыми (количество белка 20,4–22,0%), содержащими 6,4 и 9,4% липидов, вследствие чего это сырьё обладает высокой энергетической ценностью 611–695 кДж.

Известно, что соотношение количества белка и воды (белково-водный коэффициент (БВК)) в мясе рыбы определяет её органолептические характеристики, в частности, консистенцию после термической обработки, что является важной технологической характеристикой при

Таблица 1. Общий химический состав макруруса, ставриды, сардинеллы

Вид рыбы	Части тела	Содержание, %				Энергетическая ценность, кДж
		воды	белка	липидов	минеральных веществ	
макрурус	филе	88,3	10,1	0,5	1,1	188
	кожа, чешуя, плавники, кости	87,2	8,8	1,5	2,5	–
	филе	88,4	10,0	0,6	1,0	188
	кожа, чешуя, плавники, кости	87,8	8,3	1,6	2,3	–
	филе	88,5	9,8	0,6	1,1	184
	кожа, чешуя, плавники, кости	87,9	8,0	1,8	2,3	–
ставрида (крупная)	филе	69,0	20,4	9,4	1,2	695
	кожа с жучками, кости, плавники	61,9	16,0	10,5	11,6	–
ставрида (мелкая)	филе	69,6	21,0	8,5	0,9	672
	отходы*	62,6	11,9	15,4	10,1	–
сардинелла	филе с кожей	69,8	22,0	6,4	1,8	611
	головы	67,5	16,7	4,0	11,8	–
	кости	58,4	18,7	8,5	14,4	–
	плавники	59,0	19,6	1,1	20,3	–
	внутренности	73,3	16,3	8,0	2,4	–

Примечание: * – Суммарное количество голов, кожи с жучками, костей, плавников, внутренностей.

разработке и производстве пищевых продуктов. Так, согласно литературным данным, чем больше БВК, рассчитанный из отношения между белком и водой, тем более плотным и сухим оказывается термообработанное мясо, и наоборот, при малой величине данного коэффициента мясо становится дряблым и водянистым [Кизеветтер и др., 1976].

Белково-водный коэффициент для мяса макруруса составил 11,4, что подтверждает невозможность создания структурированной или формованной продукции из него. Наиболее рациональным является создание пастообразных пищевых продуктов из мяса маруруса. Термообработанные фарши из ставриды и сардинеллы имеют плотную сухую консистенцию (белково-водный коэффициент 33,8 и 31,56, соответственно).

Отходы (головы, кости, кожа, чешуя, плавники, внутренности), образующиеся после разделки и переработки рыб, в том числе макруруса, ставриды и сардинеллы на пищевую продукцию, представляют высокую техническую ценность за счёт содержания в своём составе белка в количестве 11,9–19,6%, липидов – 1,1–15,4%

и минеральных веществ – 10,1–20,3% (табл. 1), что свидетельствует о перспективности использования отходов от разделки данных видов рыб для получения различной кормовой продукции и биологически активных веществ с применением биотехнологических методов.

Органолептические показатели

Органолептические показатели сырья необходимо исследовать при разработке инновационных технологий и совершенствовании рецептур и, как следствие, улучшения качества готовой продукции.

Так, слабый рыбный запах мышечной ткани макруруса, обладающей нежной консистенцией, белым цветом (табл. 2), позволяет использовать данный вид сырья для изготовления нежных пастообразных функциональных пищевых продуктов (ФПП).

Учитывая тёмный цвет и ярко выраженный специфический рыбный запах мышечной ткани ставриды и сардинеллы (табл. 2) эти виды ВБР целесообразно использовать для изготовления консервов и пресервов, в том числе функциональных.

Таблица 2. Органолептические показатели сырой мышечной ткани макруруса, ставриды и сардинеллы

Наименование показателя	Наименование рыбы		
	макрурус	ставрида	сардинелла
Цвет мяса	белый	темно-кремовый	серо-кремовый
Запах	слабовыраженный рыбный	ярко выраженный специфический рыбный с кислоткой	резкий специфический запах
Консистенция	нежная	плотная, упругая	плотная, среднеупругая
Костистость	не имеет межмышечных костей		имеет межмышечные кости

Биохимические показатели

Фракционный состав белков мышечной ткани водных биоресурсов в полной мере отражает их биохимические показатели и для макруруса и сардинеллы представлен в основном щёлочерастворимой фракцией белка (0,47 и 1,52%, соответственно). Белки мышечной ткани ставриды характеризуются приблизительно равным количеством солерастворимой (0,75%) и щёлочерастворимой (0,67%) фракциями (табл. 3).

Анализ данных, приведённых в табл. 3, показал, что ставрида и сардинелла отличаются высокими значениями К_б (2,42 и 1,51, соответственно) и низкими значениями К_о (10,41 и 9,46, соответственно), что свидетельствует о хорошей формующей способности, высокой пластической вязкости фаршей, приготовленных из этих видов рыб, и позволяет рекомендовать эти виды рыб для изготовления разнообразной формованной продукции. Для мышечной ткани макруруса характерно низкое значение К_б

(0,48) и высокое значение К_о (35,36), что свидетельствует о плохой формующей способности фарша из него.

В литературе в качестве одного из классификационного фактора принят коэффициент структурообразования (К_{ст}) [Абрамова, 2003]. Согласно имеющейся классификации рыбное сырьё разделено на 2 группы: сырьё, образующее коагуляционные структуры (К_{ст}>0,2), и сырьё, образующее коагуляционно-конденсационные структуры (К_{ст}<0,2).

Из данных табл. 4 видно, что фарш из макруруса образует коагуляционно-конденсационную структуру, а для фаршей из ставриды и сардинеллы характерна коагуляционная структура.

Структурно-механические свойства

Исследование консистенции мышечной ткани рыб необходимо при выборе и разработке конкретной технологии изготовления пищевых продуктов, в том числе функциональных.

Таблица 3. Фракционный состав белков мышечных тканей макруруса, ставриды и сардинеллы

Фарш из рыб	Содержание, г/100 г фарша							К _б	К _о
	воды	N _{общ} ¹	N _{небелковый} ²	N _{вод} ³	N _{сол} ⁴	N _{щел} ⁵	N _{нераст} ⁶		
Макрурус	88,41	1,62	0,08	0,27	0,13	0,47	0,67	0,48	35,36
Ставрида	69,00	3,34	0,30	0,31	0,75	0,67	1,31	2,42	10,41
Сардинелла	69,83	3,53	0,29	0,47	0,71	1,52	0,54	1,51	9,46

Примечания: 1 – содержание общего азота N_{общ}; 2 – содержание небелкового азота N_{небелковый}; 3 – содержание азота в водорастворимой фракции белка N_{вод}; 4 – содержание азота в солерастворимой фракции белка N_{сол}; 5 – содержание азота в щёлочерастворимой фракции белка N_{щел}; 6 – содержание азота в нерастворимой (остаточной) фракции белка N_{нераст}

Таблица 4. Классификация рыбного сырья по коэффициенту структурообразования

Наименование группы	Характеристика вторичной структуры изделий	Наименование рыб, используемых для изготовления фарша	К _{ст}
Рыбное сырьё, образующее коагуляционно-конденсационные структуры (К _{ст} <0,2)	однородная фаршевая	макрурус	0,08
Рыбное сырьё, образующее коагуляционно-структуры (К _{ст} >0,2)	слабая слоистая	ставрида	0,22
		сардинелла	0,20

Изучение химического состава, структурно-механических и функциональных свойств пищевых систем позволяет не только оценить качество сырья, оптимизировать технологические параметры изготовления продукции, но и научно обосновать целесообразность использования сырья для выпуска определённых типов продуктов.

Низкое значение (<10 кПа) предельного напряжения сдвига фарша из макруруса указывает на то, что мышечная ткань этого вида рыбы представляет собой слабоструктурированную систему (табл. 5).

Для ставриды и сардинеллы мышечная ткань представляет собой вязко-пластичную систему (предельное напряжение сдвига 11 и 31 кПа соответственно). При измельчении филе исследуемых рыб происходит разрушение структуры их мышечной ткани и образование фаршей слабой консистенции, что подтверждается повышением показателя пластичности на 0,24–1,15 см²/г (табл. 5).

Таким образом, учитывая слабую консистенцию фарша из макруруса для производства пастообразной продукции необходимо дополнительно вводить в фарш структурообразователи, которые позволят придать конечному продукту необходимую структуру.

Для слабоструктурированных систем, к которым относится фарш из мышечной ткани макруруса, характерна зависимость эффективной вязкости от градиента скорости. Так как эффективная вязкость является характеристикой, описывающей равновесное состояние между процессами восстановления и разрушения структуры в установившемся потоке, то сравнение значений данного показателя для фаршей, по-

лученных из различных видов рыб, при одинаковом значении градиента скорости показало, что для предотвращения разрушения структуры макруруса необходимо использовать значительно меньшую скорость деформации при получении фарша по сравнению с сардинеллой и ставридой (табл. 5).

Значение динамического предельного напряжения сдвига исследуемых фаршей превышает значение статического предельного напряжения, что указывает на пластические свойства данных систем и формирование коагуляционных структур (табл. 5).

На основании полученных данных (табл. 5) фарши ставриды и сардинеллы имеют коагуляционные структуры, для которых характерна тиксотропия (самовосстановление структуры после механического воздействия), что обуславливает необходимость при изготовлении некоторых фаршевых изделий (сосисок, колбас и др.) проведения осадки после набивки рыбного фарша в оболочку [Будина, 1983].

Одним из важных процессов, протекающих в коагуляционных структурах, кроме тиксотропии, является процесс синерезиса, который приводит к уплотнению структуры изделия в течение времени и выделению жидкой фазы. Отделение жидкой фазы является недопустимым, так как приводит к образованию дефектов в готовых продуктах [Рогов и др., 2009].

Для оценки целесообразности использования замороженной ставриды, сардинеллы, макруруса для изготовления пастообразных продуктов проведено изучение функционально-технологических свойств исходного сырья и фарша.

Таблица 5. Коэффициент химического состава и структурно-механические свойства мышечной ткани ставриды, сардинеллы, макруруса и фарша из них

Наименование показателя		Название рыбы		
		макрурус	сардинелла	ставрида
Предельное напряжение сдвига, кПа	фарш	<10	11	31
	филе	1,85	1,57	1,48
Пластичность, см ² /г		2,09	2,61	2,63
		1531	215	712
Эффективная вязкость, Па·с				
Статическое предельное напряжение сдвига, Па	фарш	3728	1568	2384
Динамическое предельное напряжение сдвига, Па		4404	1852	2816
Коэффициент химического состава		2,33	0,98	1,49

Функционально-технологические свойства (ФТС)

Способность сырья удерживать собственную влагу в результате механического воздействия на него оценена величиной водоудерживающей способности (ВУС).

Результаты исследований показали, что после размораживания сардинеллы и ставриды водоудерживающая способность мышечной ткани составляет 62 и 66%, соответственно. При измельчении мышечной ткани исследуемых видов рыб в течение 1 мин происходит увеличение водоудерживающей способности на 0,8–1,6% (табл. 6).

Таблица 6. ВУС филе и фарша ставриды, сардинеллы

Вид рыб	ВУС, %	
	филе	фарш
Сардинелла	62	63
Ставрида	66	67

Метод определения ВУС по ГОСТ 7636 для размороженной тушки макруруса является не показательным, вследствие значительного отделения воды (от 9 до 16%) при размораживании этого вида сырья.

При изготовлении пастообразных и формованных пищевых продуктов в технологическом процессе предусмотрены стадии измельчения сырья. Известно, что в зависимости от скорости и продолжительности измельчения изменяются ВУС и пластичность фарша.

С целью определения рациональных параметров процесса измельчения мышечных тканей макруруса, ставриды и сардинеллы при получении фаршей с максимальными функционально-технологическими свойствами (ВУС и пластичность) измельчение проводили при скорости вращения ножевого вала

3000 об/мин, что аналогично технической характеристике промышленных куттеров.

При измельчении ставриды и сардинеллы происходит увеличение ВУС и пластичности фарша в течение первых двух минут, дальнейшее увеличение продолжительности измельчения не приводит к существенному изменению контролируемых показателей (табл. 7).

В результате измельчения филе ставриды и сардинеллы образуется очень густая и пластичная фаршевая смесь. В результате измельчения размороженной мышечной ткани макруруса минимальное значение пластичности фарша соответствует продолжительности измельчения 6 мин, что свидетельствует о его наилучших ФТС в данный момент времени (рис. 2).

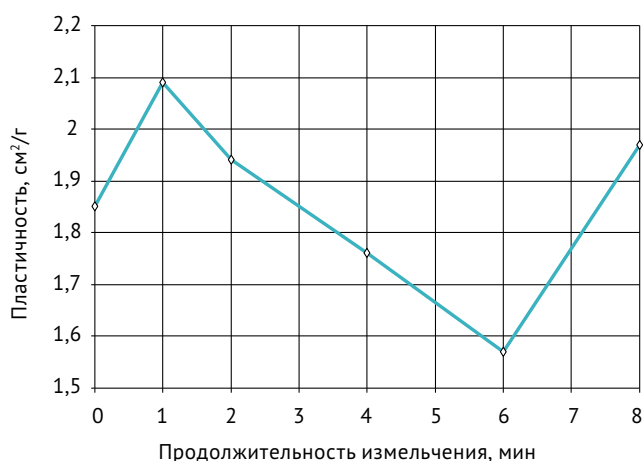


Рис. 2. Влияние продолжительности измельчения мышечной ткани макруруса на пластичность его фарша

Таким образом, рациональными параметрами измельчения мышечной ткани ставриды и сардинеллы являются: продолжительность 2 мин при 3000 об/мин, а макруруса не более 6 мин при аналогичных условиях.

Известно, что фарш представляет собой эмульсию, устойчивость которой зависит от

Таблица 7. Изменение ВУС и пластичности фаршей из сардинеллы и ставриды в зависимости от продолжительности измельчения

Вид рыбы	Наименование показателя	Продолжительность измельчения, мин			
		0	1	2	3
Сардинелла	ВУС, %	62	63	66	66
	пластичность, см²/г	1,5	2,0	2,6	2,7
Ставрида	ВУС, %	66	67	67	67
	пластичность, см²/г	1,6	2,6	2,6	2,6

Таблица 8. Химический состав и соотношение белок: жир: вода макруруса, ставриды и сардинеллы

Наименование вида рыбы	Содержание, %				Соотношение белок: жир: вода
	воды	белка	жира	минеральных веществ	
Макрурус	88,5	9,8	0,6	1,1	1:0,06:0,9
Сардинелла	69,8	22,0	6,4	1,8	1:0,3:3,2
Ставрида	69,0	20,4	9,4	1,2	1:0,5:3,4

определённого соотношения в нем белков, липидов и воды. Для большинства белков животного происхождения соотношение белок: жир: вода составляет 1:0,8÷1,5:3÷5 [Рогов и др., 2009].

Анализ химического состава мышечных тканей макруруса и сардинеллы показал, что для макруруса соотношение белок: жир: вода составляет 1:0,06:9, сардинеллы 1:0,3:3,2, а для ставриды 1:0,5:3,4 соответственно (табл. 8).

Определение рациональных соотношений белок: жир: вода для макруруса, ставриды и сардинеллы изучали по изменению стабильности фаршевых эмульсий и количеству отделившейся водной и масляной фазы при различном количестве добавленных к фаршу этих видов рыб масла и воды.

Проведённые исследования показали, что отделение воды в фаршевой эмульсии из однократно замороженного-размороженного филе макруруса роисходит вследствие высокого содержания воды в фарше и недостаточного количества жира (рис. 3, точка А).

Стабильность фаршевой эмульсии составляет 81,4%. При изготовлении фарша из двукратно замороженного-размороженного филе

макруруса, стабильность фаршевой системы повышается (рис. 3 и 4, точка А).

Повышение стабильности фаршевой эмульсии из двукратно замороженного-размороженного филе макруруса происходит за счёт повышения концентрации белков в фарше (с 9,8 до 11,7%) в результате удаления части связанной воды в процессе размораживания сырья.

Исследование изменения устойчивости фаршевой системы из двукратно замороженного-размороженного макруруса при внесении различного количества масла показало, что образование устойчивой эмульсии происходит при внесении масла в количестве от 20 до 35 г на 100 г фарша (рис. 4). Добавление масла в количестве, превышающем 35 г на 100 г фарша, приводит к разрушению системы (рис. 4, точка В).

Таким образом, установлено, что фарш макруруса стабилен при достижении соотношения белок: жир: вода 1:2,1÷3,5:9 за счёт дополнительного внесения растительного масла в фаршевую систему.

На основании данных по количеству отделившейся водной (масляной) фазы от фарше-

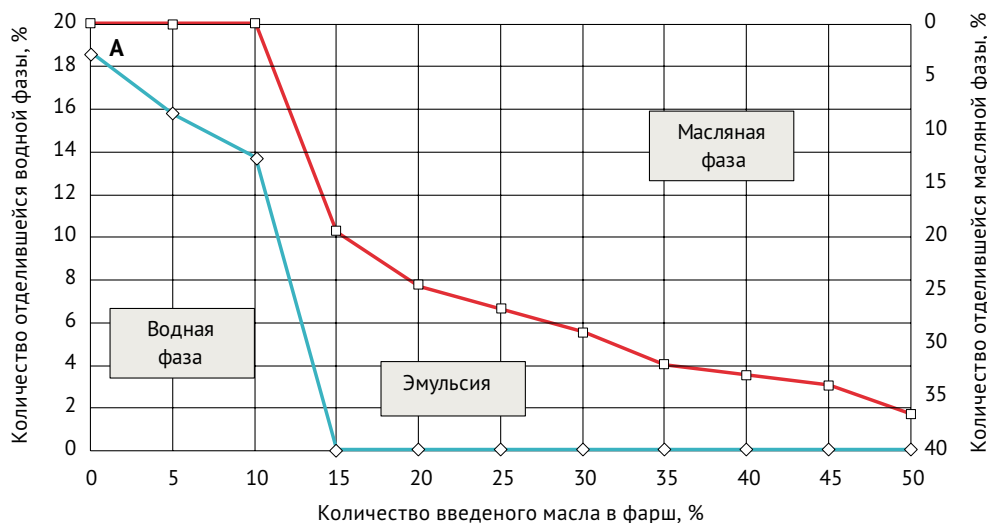


Рис. 3. Количество отделившейся водной (масляной) фазы от фаршевой эмульсии, полученной из однократно замороженного-размороженного макруруса, при добавлении к ней различного количества масла

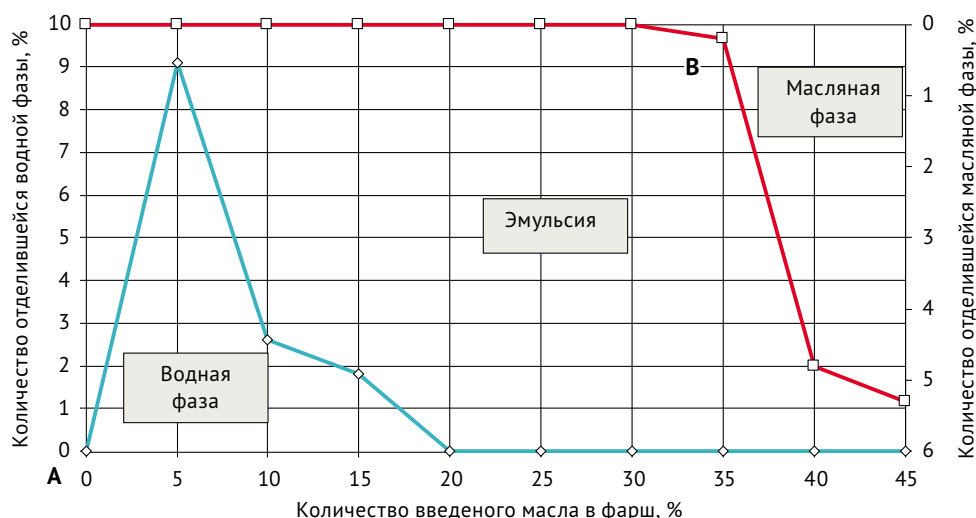


Рис. 4. Количество отделившейся водной (масляной) фазы от фаршевой эмульсии, полученной из двухкратно замороженного-размороженного макруруса, при добавлении к ней различного количества масла

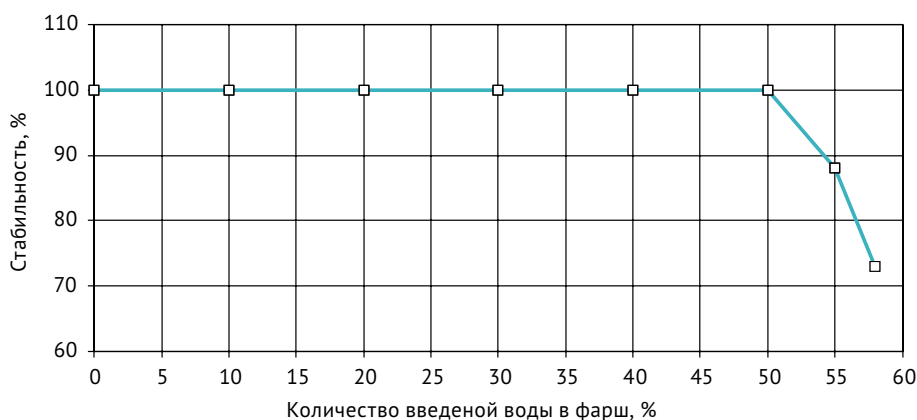


Рис. 5. Изменение стабильности фарша из сардинеллы в зависимости от количества внесенной в него воды

вой эмульсии из макруруса (рис. 3, 4) для изготовления пастообразной пищевой продукции является целесообразным использование двукратно замороженного-размороженного филе макруруса.

В мышечной ткани сардинеллы содержание жира значительно выше (табл. 1) по сравнению с мышечной тканью макруруса, что объясняет более высокое соотношение белок: жир (сардинелла 1:0,3; макрурус 1:0,06). Низкое соотношение белок: вода обосновывает необходимость введения в фарш из сардинеллы дополнительного количества воды для получения стабильной эмульсии.

Проведённые исследования показали возможность максимального введения воды в фарш сардинеллы в количестве до 100 г воды на 100 г фарша при одновременном сохранении стабильности фаршевой системы (рис. 5).

При внесении в фарш из мышечной ткани сардинеллы даже небольшого количества масла (до 10 г масла на 100 г фарша) происходит расслоение фаршевой системы (рис. 6), что впоследствии может вызвать дефекты готовых продуктов.

Таким образом, стабильность фарша сардинеллы наблюдается при соотношении белок: жир: вода 1:0,3:<13,2, что достигается дополнительным внесением воды в фаршевую систему.

Вследствие того, что соотношение белок: жир: вода для сардинеллы и ставриды практически одинаковы, то очевидно, что устойчивость фаршевой эмульсии на основе ставриды будет наблюдаться при соотношении белок: жир: вода 1:0,3:<13,2, аналогично как у сардинеллы и для получения стабильных фаршей на основе сардинеллы и ставриды необходимо дополнительное введение воды в соотношении фарш: вода 1:1.

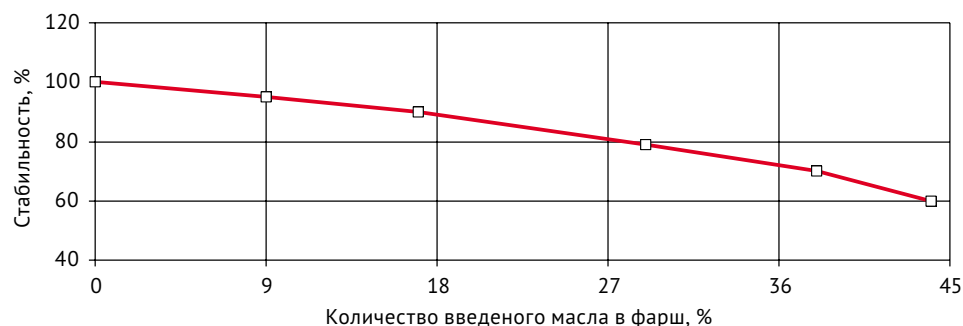


Рис. 6. Зависимость изменения стабильности фарша сардинеллы от количества внесённого в него масла

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования структурно-механических свойств фаршей на основе мышечной ткани ставриды и сардинеллы показана их хорошая формующая способность, высокая пластическая вязкость, что обусловлено наличием у них коагуляционной структуры и позволяет рекомендовать эти виды рыб для изготовления разнообразной формованной продукции и фаршевых изделий типа сосисок и колбас.

2. Фарш на основе мышечной ткани макруруса обладает плохой формующей способностью и нежной консистенцией вследствие наличия коагуляционно-конденсационной структуры, в связи с чем целесообразно использовать фарш на основе мышечной ткани макруруса в качестве основного компонента при создании диетических пастообразных продуктов питания.

3. Установлены рациональные параметры измельчения мышечной ткани ставриды, сардинеллы (2 мин при 3000 об/мин) и макруруса (не более 6 мин при 3000 об/мин).

4. На основании изучения технологических свойств показано, что для создания пастообразной продукции на основе фарша макруруса необходимо вводить в пищевую систему масло (от 20 до 35 г на 100 г фарша) или жирные виды рыб (ставрида, сардинелла и т. д.) до достижения соотношения белок: жир: вода 1:2,1÷3,5:9 для получения устойчивой эмульсии, а также использовать пищевые добавки, которые позволяют в процессе технологической обработки сырья связать воду, отделяющуюся в результате технологического воздействия на фарш.

5. Для получения стабильной эмульсии на основе фарша сардинеллы и ставриды необходимо достичь соотношения белок: жир: вода 1:0,3:<13,2 путём дополнительного внесения воды в систему (соотношение фарш: вода 1:1).

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 31339. 2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приёмки и методы отбора проб. М.: Изд-во стандартов. 12 с.
- ГОСТ 7636. 1985. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. М.: Изд-во стандартов. 45 с.
- Абрамова Л.С. 2003. Обоснование технологии поликомпонентных продуктов питания с задаваемой структурой и комплексом показателей адекватности на основе рыбного сырья. Автореф. дисс... док. техн. наук. Калининград: КГТУ. 53 с.
- Антипова Л.В., Глотова И.А., Rogov И.А. 2001. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос. 376 с.
- Будина В.Г. 1983. Технология рыбных колбасных изделий. М.: Из-во Лёгкая и пищевая промышленность. 160 с.
- Глубоковский М.К., Тарасюк С.Н., Зверькова Л.М., Семяняк Л.В., Зименко Н.П., Мурзов Н.Н., Петрова Н.В., Скаун В.А. 2012. Сырьевая база российского рыболовства в 2012 году (район российской юрисдикции). М.: Изд-во ВНИРО. 497 с.
- Кантере В.М., Фоменко М.А. 2003. Сенсорный анализ продуктов питания. М.: РАСХН. 400 с.
- Кизеветтер И.В., Макарова Т.И., Зайцев В.П., Миндер Л.П., Подсевалов В.Н., Лагунов Л.Л. 1976. Технология обработки водного сырья. М.: Пищевая промышленность. 696 с.
- Косой В.Д., Виноградов Я.И., Малышев А.Д. 2005. Инженерная реология биотехнологических сред. СПб.: ГИОРД. 648 с.
- Лазаревский А.А. 1955. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. М.: Пищепромиздат. 518 с.
- Rogov И.А., Жаринов А.И., Текутьева Л.А., Шепель Т.А. 2009. Биотехнология мяса и мясopодуKтов. М.: ДеЛи принт. 296 с.
- Родина Т.Г. 2004. Сенсорный анализ продовольственных товаров. М.: Академия. 208 с.
- Сафронова Т.М. 1998. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. М.: Изд-во ВНИРО. 244 с.
- Статистические сведения по рыбной промышленности России 2009–2010 гг. 2011. М.: ФГУП «ВНИРО». 80 с.

Статистические сведения по рыбной промышленности России 2011–2012 гг. 2013. М.: ФГУП «ВНИРО». 72 с.

Статистические сведения по рыбной промышленности России 2013–2014 гг. 2015. М.: ФГУП «ВНИРО». 80 с.

Статистические сведения по рыбной промышленности России 2015–2016 гг. 2017. М.: ФГУП «ВНИРО». 76 с.

Статистические сведения по рыбной промышленности России 2016–2017 гг. 2018. М.: ФГУП «ВНИРО». 75 с.

Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (Распоряжение правительства РФ от 29 июня

2016 года N 1364-р). Доступно через: <http://docs.cntd.ru/document/420363999>. 26.02.2020.

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение правительства РФ от 26 ноября 2019 года N 2798-р). Доступно через: <http://docs.cntd.ru/document/564654448>. 26.02.2020.

Поступила в редакцию 28.02.2020 г.

Принята после рецензии 25.11.2020 г.

Scientific aspects of the effectiveness of the use of giant grenadier, horse mackerel and round sardinella in food technology

T.A. Ignatova,
N.G. Strokovaya,
A.V. Podkorytova,
N.V. Semikova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia

An increase in the Russian catch of aquatic biological resources may be provided by the underutilized resources of the World Ocean, which include such fish species as, horse mackerel, round sardinella and giant grenadier. Studies were carried out to study the size-mass composition of horse mackerel, round sardinella and giant grenadier, which showed that fillet yield when cutting giant grenadier was 61.2%, large horse mackerel 63.3%, shallow horse mackerel 47.9%, and round sardinella 54.8%. Based on the data on the fractional composition of proteins and the structural and mechanical properties of muscle tissue, the expediency of manufacturing various molded products and minced products such as sausages and sausages from horse horse mackerel and round sardinella, and dietary pasty food products from giant grenadier was established. Rational parameters of muscle tissue grinding of horse mackerel, round sardinella (2 min at 3000 rpm) and giant grenadier (6 min at 3000 rpm) have been scientifically substantiated. It has been established that the creation of stable protein-fat emulsions based on minced giant grenadier, horse mackerel and round sardinella is possible when the ratio of protein, fat and water is 1: 2.1 ÷ 3.5: 9 for giant grenadier; 1: 0.3: <13.2 for horse mackerel and round sardinella.

Keywords: giant grenadier *Albatrossia pectoralis*, horse mackerel *Trachurus trachurus*, round sardinella *Sardinella aurita*, nutritional value, technological properties.

REFERENCES

- GOST 31339. 2006. Ryba, nerybnye ob'ekty i produktsiya iz nikh. Pravila priemki i metody otbora prob [Fish, non-fish objects and products from them. Acceptance rules and sampling methods]. M.: Izd-vo standartov. 12 s.
- GOST 7636. 1985. Ryba, morskije mlekoopitayushchie, morskije bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki [Fish, marine mammals, marine invertebrates and their processed products]. M.: Izd-vo standartov. 45 s.
- Abramova L.S. 2003. Obosnovanie tekhnologii polikomponentnykh produktov pitaniya s zadavaemoj strukturoj i kompleksom pokazatelej adekvatnosti na osnove rybnogo syr'ya [Substantiation of the technology of multicomponent food products with a given structure and a set of adequacy indicators based on fish raw materials]. Avtoref. diss. ... dok. tekhn. nauk. Kaliningrad: KGTU. 53 s.
- Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. 2001. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov [Methods for research of meat and meat products]. M.: Kolos. 376 s.
- Budina V.G. 1983. Tekhnologiya rybnykh kolbasnykh izdelij [Fish sausage technology]. M.: Iz-vo Legkaya i pishhevaya promyshlennost'. 160 s.
- Glubokovskij M.K., Tarasyuk S.N., Zver'kova L.M., Semenyak L.V., Zimenko N.P., Murzov N.N., Petrova N.V., Skakun V.A. 2012. Syr'evaya baza rossijskogo rybolovstva v 2012 godu (rajon rossijskoj yurisdiktsii) [Raw material base of Russian fishing in 2012 (area of Russian jurisdiction)]. M.: Izd-vo VNIRO. 497 s.
- Kantere V.M., Fomenko M.A. 2003. Sensornyj analiz produktov pitaniya [Sensory Food Analysis]. M.: RASKHN. 400 s.
- Kizevetter I.V., Makarova T.I., Zajtsev V.P., Minder L.P., Podsevalov V.N., Lagunov L.L. 1976. Tekhnologiya obrabotki vodnogo syr'ya [Water treatment technology]. M.: Pishhevaya promyshlennost'. 696 s.
- Kosoj V.D., Vinogradov Ya.I., Malyshev A.D. 2005. Inzhenernaya reologiya biotekhnologicheskikh sred [Engineering rheology of biotechnological environments]. Spb.: GIORD. 648 s.
- Lazarevskij A.A. 1955. Tekhnokhimicheskij kontrol' v ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti [Technochemical control in the manufacturing industry]. M.: Pishchepromizdat. 518 s.
- Rogov I.A., Zharinov A.I., Tekut'eva L.A., Shepel' T.A. 2009. Biotekhnologiya myasa i myasoproduktov [Biotechnology of meat and meat products]. M.: Deli print. 296 s.
- Rodina T.G. 2004. Sensornyj analiz prodoval'stvennykh tovarov [Sensory analysis of food products]. M.: Akademiya. 208 s.

- Safronova T.M.* 1998. Spravochnik degustatora ryby i rybnoj produkcii [Taster of fish and fish products]. M.: Izd-vo VNIRO. 244 s.
- Statisticheskie svedeniya po rybnoj promyshlennosti Rossii 2009–2010 gg.* [Statistical information on the fishing industry in Russia 2009–2010]. 2011. M.: FGUP «VNIRO». 80 s.
- Statisticheskie svedeniya po rybnoj promyshlennosti Rossii 2011–2012 gg.* [Statistical information on the fishing industry in Russia 2011–2012]. 2013. M.: FGUP «VNIRO». 72 s.
- Statisticheskie svedeniya po rybnoj promyshlennosti Rossii 2013–2014 gg.* [Statistical information on the fishing industry in Russia 2013–2014]. 2015. M.: FGUP «VNIRO». 80 s.
- Statisticheskie svedeniya po rybnoj promyshlennosti Rossii 2015–2016 gg.* [Statistical information on the fishing industry in Russia 2015–2016]. 2017. M.: FGUP «VNIRO». 76 s.
- Statisticheskie svedeniya po rybnoj promyshlennosti Rossii 2016–2017 gg.* [Statistical information on the fishing industry in Russia 2016–2017]. 2018. M.: FGUP «VNIRO». 75 s.
- Strategiya povysheniya kachestva pishchevoj produkcii v Rossijskoj Federatsii do 2030 goda* [Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030] (Rasporyazhenie pravitel'stva RF ot 29 iyunya 2016 goda N 1364-r). Accessible via: <http://docs.cntd.ru/document/420363999>. 26.02.2020.
- Strategiya razvitiya rybokhozyajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda* [Development strategy of the fishery complex of the Russian Federation for the period up to 2030] (Rasporyazhenie pravitel'stva RF ot 26 noyabrya 2019 goda N 2798-r). Accessible via: <http://docs.cntd.ru/document/564654448>. 26.02.2020.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** The general chemical composition of giant grenadier, horse mackerel, round sardinella
- Table 2.** Organoleptic characteristics of raw muscle tissue of giant grenadier, horse mackerel and round sardinella
- Table 3.** The fractional composition of proteins muscle tissues of giant grenadier, horse mackerel and round sardinella
- Table 4.** Classification of fish raw materials according to the coefficient of structure formation
- Table 5.** Coefficient of chemical composition and structural and mechanical properties of muscle tissue of horse mackerel, round sardinella, giant grenadier and minced meat from them
- Table 6.** VUS fillet and minced meat from horse mackerel, round sardinella
- Table 7.** The change of VUS and plasticity of minced meat from round sardinella and horse mackerel depending on the duration of grinding
- Table 8.** The chemical composition and the ratio of protein: fat: water giant grenadier, horse mackerel and round sardinella

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Catch of giant grenadier, horse mackerel and round sardinella by the Russian Federation from 2009 to 2016
- Fig. 2.** The effect of the duration of the grinding of muscle tissue of giant grenadier on the plasticity of its minced meat
- Fig. 3.** The amount of separated water (oil) phase from the minced meat emulsion obtained from the once-frozen-thawed giant grenadier, adding to it a different amount of oil
- Fig. 4.** The amount of separated water (oil) phase from the minced meat emulsion obtained from a two-fold frozen-thawed giant grenadier by adding to it a different amount of oil
- Fig. 5.** Change in the stability of minced meat round sardinella depending on the amount of water added to it
- Fig. 6.** Dependence of changes in the stability of minced meat round sardinella on the amount of oil introduced into it