

Научная статья/Research Article

УДК 664.951+006

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-268-275

Татьяна Николаевна Пивненко<sup>1✉</sup>, Юлия Михайловна Позднякова<sup>2</sup>,  
Вероника Александровна Скальская<sup>3</sup>, Роман Владимирович Есипенко<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

<sup>1</sup>tpivnenko@mail.ru

<sup>2</sup>pozdneyakova.julia@yandex.ru

<sup>3</sup>skalskayaveronik@gmail.com

<sup>4</sup>festfu@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУ-ВИД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ ГЛУБОКОВОДНЫХ ВИДОВ РЫБ

Цель исследования – изучить возможность применения метода низкотемпературной вакуумной обработки – *sous vide* (SV) глубоководных рыб семейства макруросов – макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*) и макруруса черного (*Coryphaenoides acrolepis*), являющихся перспективными объектами промысла Тихоокеанского бассейна. Задачи: провести сравнение качества готовой продукции, полученной традиционными методами тепловой обработки (варка в воде и на пару) и SV; выявить основные факторы, влияющие на изменения органолептических и реологических свойств мышечной ткани рыб с различными исходными характеристиками; определить технологические потери, сенсорные и реологические характеристики, степень денатурации белка в зависимости от режимов обработки. Исследование проводилось в лаборатории НИИ инновационных биотехнологий Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета г. Владивостока. Показано, что для черного макруруса низкотемпературная обработка и отсутствие непосредственного контакта сырья с теплоносителем снижают процессы денатурации миофибриллярных белков, ослабления их водоудерживающей способности (ВУС), обеспечивают увеличение прочности продуктов. Технология SV может быть рекомендована для получения продукции с высокими сенсорными характеристиками из этого вида рыб. Для мышечной ткани малоглазого макруруса, имеющей низкую концентрацию миофибриллярных белков, при всех способах обработки наблюдали разрушение структуры и формы продукта при минимальных денатурационных изменениях белков. Уменьшение продолжительности термообработки SV позволило снизить потери, но практически не повлияло на органолептические свойства и не позволило получить продукт удовлетворительного качества. В данном случае применение метода SV без использования дополнительных структурообразователей не может быть рекомендовано.

**Ключевые слова:** глубоководные виды рыб, технология *sous vide*, денатурация белков, реология мышечной ткани

**Для цитирования:** Применение технологии су-вид для получения продуктов из глубоководных видов рыб / Т.Н. Пивненко [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 268–275. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-268-275.

**Благодарности:** статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию Федерального агентства по рыболовству РФ № 827/2023.

Tatyana Nikolaevna Pivnenko<sup>1✉</sup>, Yulia Mikhailovna Pozdnyakova<sup>2</sup>,  
Veronica Alexandrovna Skalskaya<sup>3</sup>, Roman Vladimirovich Esipenko<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup>tnpivnenko@mail.ru

<sup>2</sup>pozdneyakova.julia@yandex.ru

<sup>3</sup>skalskayaveronik@gmail.com

<sup>4</sup>festfu@mail.ru

## SOUS VIDE TECHNOLOGY APPLICATION TO OBTAIN PRODUCTS FROM DEEP SEA FISH SPECIES

*The purpose of research is to study the possibility of using the method of low-temperature vacuum processing – sous vide (SV) of deep-sea fish of the grenadier family – small-eyed grenadier (*Albatrossia pectoralis*) and black grenadier (*Coryphaenoides acrolepis*), which are promising fisheries in the Pacific Basin. Objectives: to compare the quality of finished products obtained by traditional methods of heat treatment (cooking in water and steaming) and SV; to identify the main factors influencing changes in the organoleptic and rheological properties of muscle tissue of fish with different initial characteristics; to determine technological losses, sensory and rheological characteristics, the degree of protein denaturation depending on processing modes. The study was carried out in the laboratory of the Research Institute of Innovative Biotechnologies of the Far Eastern State Technical Fisheries University in Vladivostok. It has been shown that for black grenadier, low-temperature processing and the absence of direct contact of raw materials with the coolant reduce the processes of denaturation of myofibrillar proteins, weakening their water-holding capacity (WHC), and ensure an increase in the strength of the products. SV technology can be recommended for obtaining products with high sensory characteristics from this fish species. For the muscle tissue of the small-eyed grenadier, which has a low concentration of myofibrillar proteins, with all processing methods, destruction of the structure and shape of the product was observed with minimal denaturation changes in the proteins. Reducing the duration of heat treatment of SV allowed us to reduce losses, but had virtually no effect on the organoleptic properties and did not allow us to obtain a product of satisfactory quality. In this case, the use of the SV method without the use of additional structure formers cannot be recommended.*

**Keywords:** deep-sea fish species, sous vide technology, protein denaturation, muscle tissue rheology

**For citation:** Sous vide technology application to obtain products from deep sea fish species / T.N. Pivnenko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(2): 268–275 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-268-275.

**Acknowledgments:** the article has been prepared within the framework of research under the state assignment of the Federal Agency for Fishery of the Russian Federation № 827/2023.

**Введение.** В настоящее время значительно возрос интерес потребителей к натуральным продуктам питания, сохраняющим исходные полезные качества. Среди них рыба и морепродукты, обладающие высокой питательной ценностью благодаря наличию полноценных и легкоусвояемых белков, полиненасыщенных жирных кислот и специфичных вторичных метаболитов, они могут априори рассматриваться в качестве функциональных продуктов питания. Поэтому для них особенно важно применение щадящих методов обработки. Современные технологии, учитывая запросы населения и научные исследования, предлагают новые ре-

шения, обеспечивающие сокращение температуры обработки и/или продолжительности процесса производства при сохранении безопасности и функциональности конечных продуктов. К низкотемпературным методам обработки пищевых продуктов относят sous vide (су-вид), омический нагрев, радиочастотный нагрев и другие [1, 2]. Наибольшее распространение получила технология sous vide (SV), при которой желаемая степень готовности достигается без непосредственного контакта с теплоносителем, перегрева и обводнения, что особенно важно для лабильной мышечной ткани рыб [3, 4]. Данная технология первоначально была предложена

на и апробирована для мясного сырья, использование при рыбообработке только набирает темп, имеются лишь начальные научные исследования. Для глубоководных видов рыб, использованных в нашей работе, таких данных нет. Выбор объектов обусловлен растущими объемами добычи этих видов и особенностями состава и структуры их мышечной ткани [5].

Технология SV отличается от традиционных методов приготовления двумя основными стадиями: сырые продукты упаковывают под вакуумом в термостойкие пакеты из пищевого пластика и готовят с использованием точно контролируемого нагрева. Вакуумная герметизация имеет ряд преимуществ: она обеспечивает эффективную передачу тепла от воды или пара к продуктам, увеличивает срок годности продуктов за счет исключения риска повторного загрязнения при хранении, препятствует окислению, предотвращает потери летучих вкусообразующих веществ и влаги, уменьшает рост аэробных бактерий. Благодаря этому образуются продукты с особым вкусом и ароматом [3, 6, 7]. Наиболее благоприятно такие условия сказываются на вкусовых и питательных свойствах мышечной ткани, имеющей мягкую текстуру, характерную как в целом для большинства видов рыб, так и в особенности для глубоководных.

**Цель исследования** – изучение процессов изменения органолептических и физико-химических свойств мышечной ткани глубоководных видов рыб семейства макруросов при низкотемпературной обработке под вакуумом (SV) в сравнении с традиционными способами варки для разработки технологии продукции высокой степени готовности.

**Задачи:** сравнение показателей качества рыбных продуктов, полученных различными способами, по органолептическим свойствам, денатурационным изменениям белков, реологии и технологическим потерям, определение зависимости качества готового продукта от режимов процесса, разработка рекомендаций по использованию технологии SV по отношению к видам рыб с различными исходными характеристиками.

**Условия, материалы и методы.** Все экспериментальные исследования проводились в лаборатории НИИ инновационных биотехнологий Дальневосточного государственного рыбохозяйственного университета.

Объектами исследования служили макрурус малоглазый *Albatrossia pectoralis* и макрурус черный *Coryphaenoides acrolepis*, выловленные в Охотском море в 2022 г. Для исследования брали замороженные образцы сроком хранения 6 мес.

Предварительная подготовка рыбы включала размораживание, удаление чешуи, разделку на филе с кожей, мойку и стекание, порционирование. Для установочных экспериментов были приготовлены образцы филе с кожей без чешуи размером  $5 \times 5$  см и массой около 50 г. Кроме SV использовали варку в воде и на пару при  $96 \pm 2$  °С в течение 10 мин в обоих случаях. Вакуумную упаковку проводили с помощью упаковщика Zermat CV1400 при использовании армированной трехслойной пленки плотностью 115 мкр для SV марки Caso (Германия). Термическую обработку проводили в водяном термостате.

Степень денатурационных изменений белков при термической обработке соответствовала изменению их способности растворяться в стандартных солевых растворах [8]. Количественное выражение степени денатурации (%) рассчитывали по отношению разницы массовой доли белков до и после термической обработки к ее исходной величине. Технологические потери (%) при тепловой обработке определяли как соотношение массы образца до и после обработки. Для определения реологических показателей использовали текстурометр Брукфильда TextureProCTV 1.8 сборка 31, зонд для определения TA18. Использование данного прибора позволяет измерять следующие показатели: прочность, Н; твердость, г; пластическая деформация, мм; упругая деформация, мм; восстановимый рабочий цикл, мJ; адгезионная способность, мJ; коэффициент упругости.

Органолептическую оценку качества готовой продукции проводили с использованием количественного описательного анализа с применением балльной шкалы [9].

Для статистического анализа использовали прикладной пакет «Statistica 6». Выборочные параметры, приводимые в таблицах: средняя арифметическая (M), стандартное отклонение ( $\sigma$ ), объем анализируемой подгруппы (n). Уровень доверительной вероятности 95 %.

**Результаты и их обсуждение.** При выборе технологических температурно-временных па-

раметров использовали таблицы продолжительности и температур для SV [3, 9].

Ранее проведенные исследования показали, что обеспечение микробиологической безопасности готовых к употреблению рыбных продуктов достигается в диапазоне соотношений температура/продолжительность ( $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ) – 50/40 – 65/14 [10]. В заданных условиях такие показатели, как технологические потери, содержание воды и растворимого белка, а также степень денатурации последнего, статистически значимо не различались. Для дальнейших исследований были выбраны параметры 60/30 ( $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ).

Функционально-технологические характеристики мышечной ткани макрурусов в значительной степени отличаются от известных для других видов рыб, например для родственных им тресковых [8, 11]. Среда и ареал обитания двух исследованных видов макрурусов – черного и

малоглазого – достаточно близки. Однако биохимические показатели и структура мышечной ткани этих рыб существенно разнятся. Общее содержание белка (7,6 и 13,9 соответственно), соотношение саркоплазматических и миофибриллярных белков (1,0 и 1,3 соответственно), а также размер и структура миотомов определяют различные показатели ВУС, способности к образованию эластичной гелевой структуры и сочной консистенции. Общими свойствами являются очень низкое содержание липидов и слабая формруемость фаршей [5].

Показатели качества готовых продуктов, полученных при использовании технологии SV и при традиционных способах получения отварной рыбы – варке в воде и на пару, сравнивали по органолептическим свойствам, денатурационным изменениям белков, реологии и выходу продукта (технологическим потерям) (рис. 1).

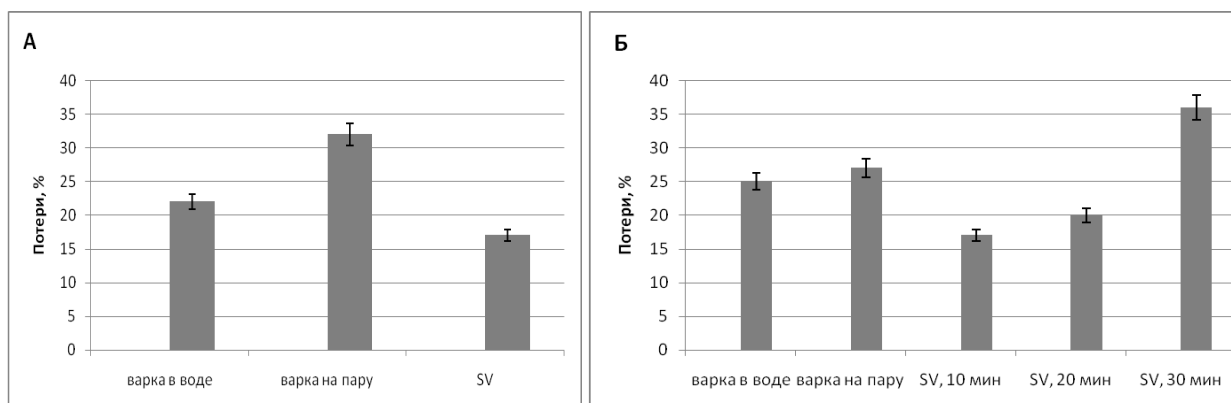


Рис. 1. Технологические потери при обработке филе макрурусов черного (А) и малоглазого (Б) при различных способах обработки,  $n = 4$ ,  $p < 0,05$

Потери при приготовлении связаны с уплотнением мышечной ткани при нагревании, ослаблении их ВУС, ростом плотности и твердости продуктов, напрямую зависят от денатурации белков. Высокие температуры обработки и непосредственный контакт с теплоносителем усиливают эти процессы. Технология SV позволяет минимизировать эти недостатки, как это было показано ранее для горбуши [10] и макруруса черного в настоящей работе.

Для малоглазого макруруса, как при варке на пару и в воде, так и при SV в условиях 60/30 ( $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ), наблюдали значительную потерю во-

ды, сопровождавшуюся практически полной потерей связи между миомерами, разрушением структуры и формы продукта. Уменьшение времени термообработки при SV до 20 и 10 мин позволило снизить потери, однако органолептические свойства изменились незначительно.

Оценку органолептических свойств проводили согласно балльной шкале для определения соответствующих показателей образцов отварной рыбы. Согласно полученным показателям составлены профили органолептических свойств образцов макрурусов (рис. 2).

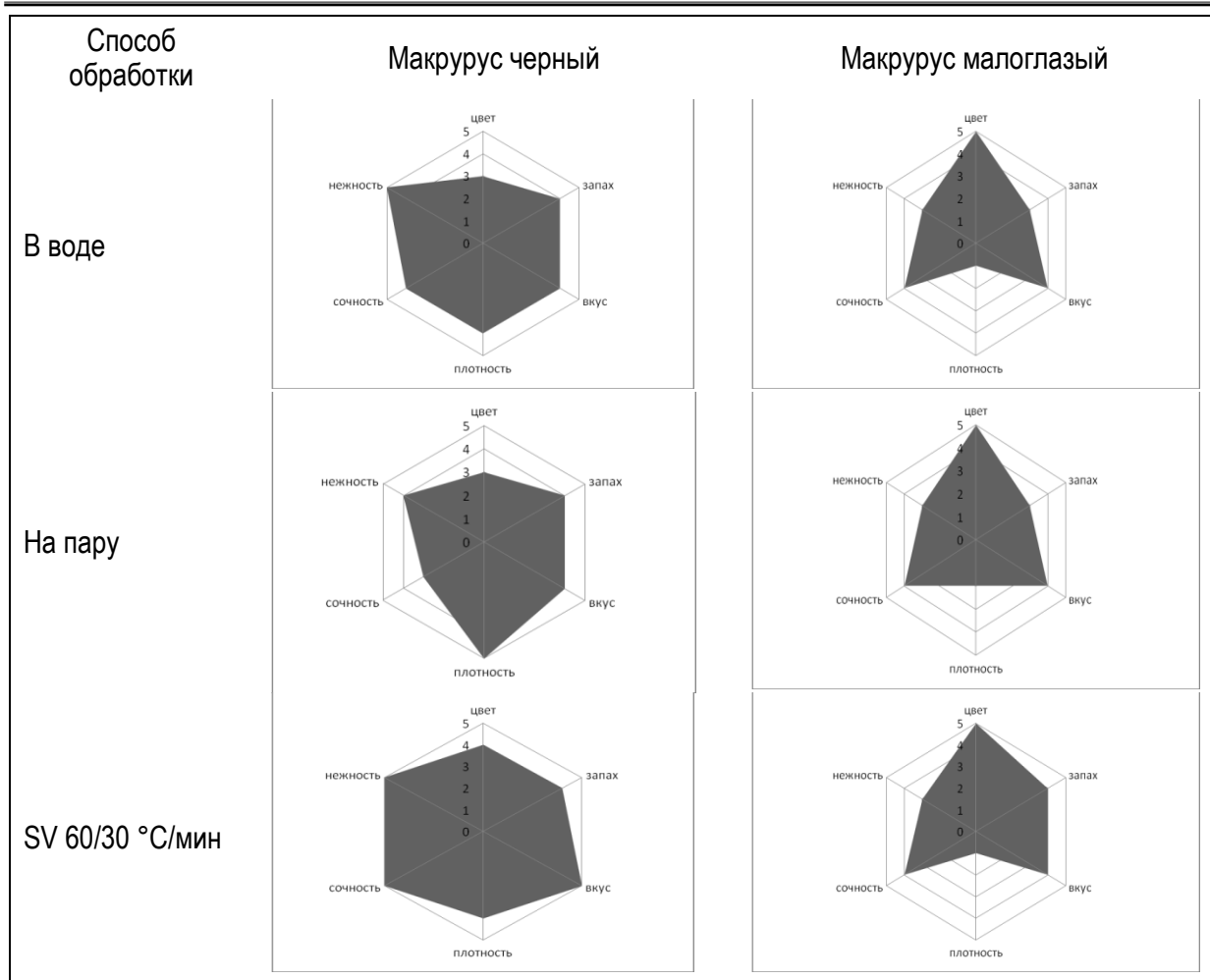


Рис. 2. Органолептические профили единичных дескрипторов образцов макрурусов, обработанных различными способами

Для черного макруруса при совокупной оценке баллов предпочтение было отдано технологии SV. Наилучшая консистенция SV-образцов была обусловлена большей сочностью при равной плотности с образцами, отваренными в воде. Для образцов, обработанных паром, плотность повысилась за счет значительной потери воды. SV-образцы обладали приятным молочным цветом в отличие от полученных альтернативными способами, имевшими серовато-бежевые оттенки. Следует отметить также более выраженный вкус, свойственный данному виду рыб, для SV-образцов.

Для малоглазого макруруса отличия сенсорных характеристик не были выражены при различных способах обработки. Во всех случаях наблюдали значительную потерю воды, сопровождающуюся практически полным разрушением структуры, т.е. образцы не сохранили свою исходную форму. Снижение продолжительности обработки до 20 и 10 мин позволило

повысить плотность образцов, но не обеспечило достаточного сохранения их структуры.

Изменения, произошедшие с мышечными белками макрурусов при различных способах термической обработки, показаны на рисунке 3.

Термоденатурация миофибриллярных белков начинается при 40–55 °С, в результате чего изменяется растворимость, степень гидратации и характер взаимодействия белков, а также соотношение гидрофильных и гидрофобных групп, происходит трансформация структуры белкового геля. Рост температуры обработки мышечной ткани рыб вплоть до 75 °С приводит к увеличению количества отделяемой воды, которая в значительной степени поглощается коллагеном, и это компенсирует ее потерю в целом. Поэтому сочетание процессов денатурации мышечных белков и сваривания коллагена и последующий его гидролиз, а также их количественное соотношение определяют прочностные характеристики готового продукта [12].

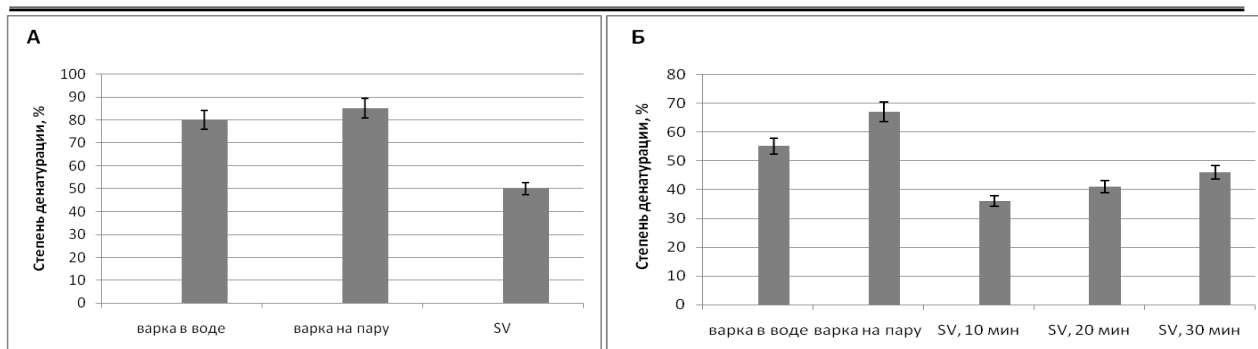


Рис. 3. Термоденатурация мышечных белков макрурусов черного (А) и малоглазого (Б), обработанных различными способами,  $n = 4$ ,  $p < 0,05$

Для обоих видов рыб наблюдали более высокую степень денатурации белков при варке в воде и обработке паром, что соответствовало большей температуре и подтвердило преимущественное влияние температуры, а не длительности процесса. Для черного макруруса показатели денатурации белков при SV были ниже почти на 30 %, чем в других случаях. Для мышечной ткани макруруса малоглазого характерно очень низкое содержание миофибриллярных белков при минимальном содержании коллагена, что, вероятно, компенсируется увеличенным размером миотомов [8]. Для этого вида показана меньшая степень денатурации белков при всех видах обработки и последовательное ее увеличение с ростом продолжительности SV-обработки. Можно предположить, что этот фактор влияет на формирование структуры

мышечной ткани, так как недостаточное сокращение миофибриллярных белков при их малом содержании не позволяет сформировать типичную для вареной рыбы текстуру.

При инструментальном измерении реологических показателей было установлено, что при всех способах обработки статистически значимо различались прочность и адгезивность (рис. 4). Остальные измеряемые показатели были сходными. При этом для черного макруруса текстура SV-образцов в меньшей степени отличалась от таковой у исходного сырья, чем у образцов, обработанных водой и паром. В то же время для SV-образцов малоглазого макруруса отмечено существенное снижение прочности при некотором росте адгезивности. Хотя абсолютные показатели последних очень малы.

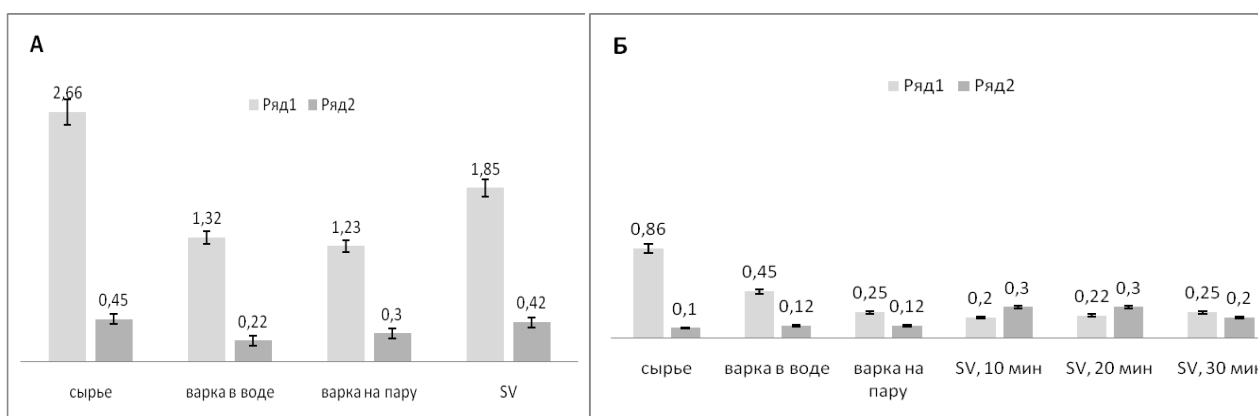


Рис. 4. Реологические показатели образцов макрурусов черного (А) и малоглазого (Б), обработанных различными способами: ряд 1 – прочность, Н; ряд 2 – адгезивность, мДж ( $n = 4$ ,  $p < 0,05$ )

**Заключение.** Таким образом, полученные результаты позволили определить возможность применения технологии SV и ее режимы для получения продуктов, готовых к употреблению, из

глубоководных рыб семейства макрурусов, перспективных для промышленного лова и переработки. Сравнение метода SV и традиционных технологий (варки в воде и на пару) показало

отличия физико-химических и органолептических свойств, наблюдаемых в мышечной ткани рыб, связанных с термоденатурацией белков.

Низкотемпературная вакуумная обработка черного макруруса, имеющего типичные состав и структуру миофибриллярных белков, обеспечивает преимущества качества готового продукта. Для другого вида макруруса – малоглазого, имеющего значительные отличия состава мышечной ткани, использование метода SV не позволило получить продукт удовлетворительного качества даже при снижении продолжительности обработки. Низкая концентрация миофибриллярных белков, несмотря на их высокую термостабильность, привела к потере структуры готового продукта. Возможное в данном случае перспективное направление при использовании метода SV – введение дополнительных структурообразователей и/или ферментативной полимеризации белков.

#### Список источников

1. *Abel N., Rotabakk B.T., Lerfall J.* Mild processing of seafood – A review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. V. 1. P. 340–370.
2. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world / *C. Jermann* [et al.] // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2015. V. 31. P. 14–27.
3. *Baldwin D.E.* Sous vide cooking: A review // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2012. V. 1. P. 15–30.
4. Effects of sous vide cooking on physicochemical, structural and microbiological characteristics of cuttlefish, octopus and squid / *N. Erdem* [et al.] // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2022. V. 31 (1). P. 1–13.
5. *Пивненко Т.Н., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В.* Глубоководные виды рыб семейства макрурид как перспективные объекты промысла и переработки // *Пищевая и морская биотехнология: мат-лы XI Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Калининград, 2022. С. 131–137.*
6. Advantages and challenges of sous vide cooking / *Z. Cui* [et al.] // *Food Science and Technology Research*. 2021. V. 27 (1). P. 25–34.

7. *Фофанова Т.С.* Технология су-вид – некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности // *Теория и практика переработки мяса*. 2018. № 1. С. 59–68.
8. Biochemical factors affecting the quality of products and the technology of processing deep-sea fish, the Giant Grenadier *Albatrossia pectoralis* / *T.N. Pivnenko* [et al.] // *Journal of Ocean University of China*. 2020. V. 19. P. 681–690.
9. Таблица времени и температур для продуктов су-вид. URL: <https://www.su-vide.ru/article/tablica> (дата обращения: 28.01.2024).
10. *Карпенко Ю.В., Панчишина Е.М., Скальская В.А.* Оценка показателей качества и безопасности рыбной кулинарной продукции, полученной по технологии *sous vide* // *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2019. Т. 48 (2). С. 52–61.
11. Исследование качества мышечной ткани черного макруруса (гренадера) в процессе его переработки / *Т.Н. Пивненко* [и др.] // *Рыбное хозяйство*. 2022. № 3. С. 93–100.
12. Effects of additives on proteolytic and functional properties of arrowtooth flounder surimi / *D.H. Wasson* [et al.] // *Journal Aquatic Food Product Technology*. 1992. V. 1(3-4). P. 147–165.

#### References

1. *Abel N., Rotabakk B.T., Lerfall J.* Mild processing of seafood – A review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. V. 1. P. 340–370.
2. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world / *C. Jermann* [et al.] // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2015. V. 31. P. 14–27.
3. *Baldwin D.E.* Sous vide cooking: A review // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2012. V. 1. P. 15–30.
4. Effects of sous vide cooking on physicochemical, structural and microbiological characteristics of cuttlefish, octopus and squid / *N. Erdem* [et al.] // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2022. V. 31 (1). P. 1–13.
5. *Pivnenko T.N., Pozdnyakova Yu.M., Esipenko R.V.* Glubokovodnye vidy ryb semejstva

- makrurid kak perspektivnye ob`ekty promysla i pererabotki // Pischevaya i morskaya biotekhnologiya: mat-ly XI Nac. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kaliningrad, 2022. S. 131–137.
6. Advantages and challenges of sous vide cooking / Z. Cui [et al.] // Food Science and Technology Research. 2021. V. 27 (1). P. 25–34.
  7. Fofanova T.S. Tehnologiya su-vid – nekotorye aspekty kachestva i mikrobiologicheskoy bezopasnosti // Teoriya i praktika pererabotki myasa. 2018. № 1. S. 59–68.
  8. Biochemical factors affecting the quality of products and the technology of processing deep-sea fish, the Giant Grenadier *Albatrossia pectoralis* / T.N. Pivnenko [et al.] // Journal of Ocean University of China. 2020. V. 19. P. 681–690.
  9. Tablica vremeni i temperatur dlya produktov su-vid. URL: <https://www.su-vid.ru/article/tablica> (data obrascheniya: 28.01.2024).
  10. Karpenko Yu.V., Panchishina E.M., Skalskaya V.A. Ocenka pokazatelej kachestva i bezopasnosti rybnoj kulinarnoj produkcii, poluchennoj po tehnologii *sous vide* // Nauchnye trudy Dal'rybvтуza. 2019. T. 48 (2). S. 52–61.
  11. Issledovanie kachestva myshechnoj tkani chernogo makrurusa (grenadera) v processe ego pererabotki / T.N. Pivnenko [i dr.] // Rybnoe hozyajstvo. 2022. № 3. S. 93–100.
  12. Effects of additives on proteolytic and functional properties of arrowtooth flounder surimi / D.H. Wasson [et al.] // Journal Aquatic Food Product Technology. 1992. V. 1(3-4). P. 147–165.

Статья принята к публикации 26.06.2023 / The article accepted for publication 26.06.2023.

Информация об авторах:

**Татьяна Николаевна Пивненко**<sup>1</sup>, профессор кафедры пищевой биотехнологии, доктор биологических наук, профессор

**Юлия Михайловна Позднякова**<sup>2</sup>, директор НИИ инновационных биотехнологий, кандидат технических наук

**Вероника Александровна Скальская**<sup>3</sup>, магистр кафедры пищевой биотехнологии

**Роман Владимирович Есипенко**<sup>4</sup>, младший научный сотрудник Института инновационных биотехнологий, кандидат технических наук

Information about the authors:

**Tatyana Nikolaevna Pivnenko**<sup>1</sup>, Professor at the Department of Food Biotechnology, Doctor of Biological Sciences, Professor

**Yulia Mikhailovna Pozdnyakova**<sup>2</sup>, Director of the Research Institute of Innovative Biotechnologies, Candidate of Technical Sciences

**Veronica Alexandrovna Skalskaya**<sup>3</sup>, Master of Science, Department of Food Biotechnology

**Roman Vladimirovich Esipenko**<sup>4</sup>, Junior Researcher, Research Institute of Innovative Biotechnologies, Candidate of Technical Sciences

