

УДК 664.951.3; 637:664

## Использование потенциала красных водорослей в технологии бездымного копчения рыбы

Д-р техн. наук О. Я. МЕЗЕНОВА<sup>1</sup>, Н. В. САМБУРСКАЯ<sup>1</sup>, А. Д. СУШИНА<sup>1</sup>,  
д-р наук, профессор Й.-Т. МЁРЗЕЛЬ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Калининградский государственный технический университет

<sup>2</sup>Научно-исследовательская и консультационная лаборатория UBF GmbH, Альтландсберг, Германия

E-mail: mezenova@klgtu.ru

Актуальным является совершенствование бездымного копчения рыбы путем обогащения жидких коптильных сред растительными компонентами. Исследовано применение водных экстрактов красных водорослей *Furcellaria lumbricalis* Балтийского моря в композиции с коптильным препаратом «Жидкий дым». В работе использованы современные стандартные и оригинальные методы исследования. Изучен физико-химический состав сушеной красной водоросли и коптильного препарата «Жидкий дым» по содержанию полисахаридов, минеральных веществ, белков, фенольных и кислотных соединений, полициклических ароматических углеводородов, тяжелых металлов. Установлено высокое содержание в водорослях легкогидролизуемых полисахаридов (каррагинанов), которые обуславливают коллоидное состояние экстрактов и высокие адгезионные свойства коптильной композиции. Определены вязкость и органолептические свойства образующейся коптильной композиции. В модельных экспериментах получены образцы рыба горячего бездымного копчения путем адгезионного нанесения на ее поверхность коптильно-водорослевой композиции с последующей тепловой обработкой. Подтверждено формирование заданных характеристик готовой продукции — цвета, аромата и вкуса копченой рыбы, аналогичных традиционным эффектам копчения. Доказано отсутствие в копченой рыбе потенциально опасных бенз (а) пирена, бенз (b) флуорантена, бенз (a) антрацена, хризена. Проведена оценка качества копченой рыбы по органолептическим показателям, аминокислотному составу белков, содержанию пигментов каротиноидной природы и витаминов группы В. Установлена функциональность копченой трески по содержанию лютеина и витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>. Результаты исследования показывают высокий биопотенциал красных водорослей и рациональность его применения для совершенствования бездымного копчения. Копченую новым способом рыбу рекомендуется употреблять широким слоям населения в качестве безопасного и полезного белкового продукта.

**Ключевые слова:** бездымное копчение, красные водоросли *Furcellaria lumbricalis*, жидкая коптильная среда, коптильно-водорослевая композиция, каррагинаны, каротиноиды, полициклические ароматические углеводороды.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 06.10.2022, одобрена после рецензирования 20.10.2022, принята к печати 10.11.2022

DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-4-29-36

Язык статьи — русский

### Для цитирования:

Мезенова О. Я., Самбурская Н. В., Сушина А. Д., Мёрзель Й.-Т. Использование потенциала красных водорослей в технологии бездымного копчения рыбы // Вестник Международной академии холода. 2022. № 4. С. 29–36. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-4-29-36

## Using the potential of red algae in the technology of smokeless fish smoking

D. Sc. O. J. MEZENOVA<sup>1</sup>, N. V. SAMBURSKAYA<sup>1</sup>, A. D. SUSHINA<sup>1</sup>,

D. Sc., Professor Y.-T. MÖRSEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kaliningrad State Technical University

<sup>2</sup>UBF GmbH Research and Consulting Laboratory, Altlandsberg, Germany

E-mail: mezenova@klgtu.ru

Relevant is the improvement of smokeless smoking of fish by enriching liquid smoking media with plant components. The use of aqueous extracts of the red algae *Furcellaria lumbricalis* from the Baltic Sea in combination with the liquid smoke preparation was studied. The work uses modern standard and original research methods. The physicochemical composition of dried red algae and liquid smoke preparation was studied in terms of the content of polysaccharides, minerals, proteins, phenolic and acidic compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons, and heavy metals. A high content of easily hydrolysable polysaccharides (carrageenans) in algae, which determine the colloidal state of extracts and high adhesive properties of the smoke composition, has been established. The viscosity and organoleptic properties of the resulting smoke composition were determined. In model experiments, samples of hot smokeless smoked fish were obtained by adhesive application

*of a smoke-algae composition to its surface, followed by heat treatment. The formation of the specified characteristics of the finished product — the color, aroma and taste of smoked fish, similar to the traditional effects of smoking, was confirmed. The absence of potentially dangerous benzo (a) pyrene, benzo (b) fluoranthene, benzo (a) anthracene, and chrysene in smoked fish has been proven. The quality of smoked fish was assessed by organoleptic indicators, amino acid composition of proteins, content of carotenoid pigments and B vitamins. The functionality of smoked cod has been established in terms of the content of lutein and vitamins B1 and B2. The results of the study show the high biopotential of red algae and the rationality of its use for the purposes of smokeless smoking. Fish smoked in a new way is recommended to be consumed by the general population as a safe and healthy protein product.*

**Keywords:** smokeless smoking, *Furcellaria lumbricalis* red algae, liquid smoking medium, smoke- seaweed composition, carrageenans, carotenoids, polycyclic aromatic hydrocarbons.

#### Article info:

Received 06/10/2022, approved after reviewing 20/10/2022, accepted 10/11/2022

DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-4-29-36

Article in Russian

#### For citation:

Mezenova O. J., Samburskaya N. V., Sushina A. D., Mörsel Y.-T. Using the potential of red algae in the technology of smokeless fish smoking. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2022. No 4. p. 29–36. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-4-29-36

### Введение

Бездымное копчение рыбы с применением жидких коптильных сред (ЖКС), обладающих заданным химическим составом, является эффективной технологией получения безопасной копченой продукции повышенного качества. В зависимости от химического состава ЖКС возможно варьировать показатели качества готовой продукции, в том числе цвет, аромат и вкус копчености, придавая им новые оттенки. Разработан ряд технологий холодного копчения рыбы путем использования ЖКС, обогащенных фитоконпонентами лекарственных растений [1]–[3]. Доказано, что введение в ЖКС экстрактов листьев мяты, плодов шиповника, боярышника, цветов липы и ромашки аптечной и др. благотворно отражается на органолептических свойствах копченой рыбы, при этом повышаются антисептические и антиоксидантные эффекты копчения [4]. Недостатком, обогащенных таким образом, ЖКС является их невысокая вязкость и соответственно низкая адгезионная способность, что требует многократной обработки данной средой рыбы или длительной выдержки в ней при собственно копчении для придания заданных характеристик [5].

Представляется перспективным совершенствования технологии бездымного копчения путем создания коптильной композиции повышенной вязкости на основе ЖКС и экстракта красных водорослей *Furcellaria lumbricalis*. Это позволит обогатить коптильную среду уникальными биологически активными веществами водорослей (сульфатированные полисахариды, витамины, каротиноиды, антоцианы, минеральные вещества и др.), а также повысить адгезионные свойств ЖКС, ее красящий и консервирующий эффекты [6]–[8]. Модельные исследования показали, что получаемая таким образом коптильно-водорослевая композиция позволяет сформировать заданные показатели качества копченой рыбы при однократном нанесении на ее поверхность [9].

Повышение вязкости образующейся коптильно-водорослевой композиции обусловлено введением в нее основного полисахарида — каррагинана, обладающего структурообразующими свойствами, привносимого с экстрактом красных водорослей [6, 7]. Варьирование

соотношений в коптильной композиции экстрактов водорослей, воды и коптильного препарата позволяет получать ЖКС с различными функционально-технологическими и реологическими характеристиками, а значит, регулировать массу наносимой коптильной среды. При этом важно, чтобы коптильно-водорослевая композиция обладала основными свойствами натуральной коптильной среды — красящим и вкусо-ароматическим эффектом, не привносила отрицательных или не свойственных признаков (водорослевого, йодистого, постороннего привкусов), образовывала пищевую пленку с барьерными свойствами и была безопасной по содержанию потенциальных в копчении канцерогенных веществ — полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) [9–12, 10].

### Цель и задачи исследования

Целью исследования являлось изучение биопотенциала красной водоросли Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis* и возможности применения ее водного экстракта в составе бездымной коптильной среды, предназначенной для изготовления копченой рыбы повышенной пищевой ценности.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: исследовать химический состав красных морских водорослей Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis*; получить и исследовать коптильно-водорослевую композицию, изготовить рыбу горячего копчения новым бездымным способом и оценить ее качество.

### Материалы и методы исследования

Основные исследования проводились в научно-исследовательской и консультационной лаборатории UBF GmbH, г. Альтландсберг (Германия) и лаборатории кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета.

В исследовании использованы высушенные и тонко измельченные красные водоросли *Furcellaria lumbricalis*, собранные в Калининградской обл. и на побережье Балтийского моря в районе п. Донское.

В качестве сырья для копчения использовали атлантическую треску и салаку (балтийскую сельдь). Рыбу предварительно мыли, разделяли на филе и порционировали на кусочки длиной 4–5 см.

В качестве базовой копильной среды применяли копильный препарат «Жидкий Дым» (ТУ 10.89.19-037-55482687-2017), представляющий собой водный экстракт продуктов пиролиза листовых пород древесины.

В технологических экспериментах сушеные водоросли промывали и замачивали в воде комнатной температуры 20–25 °С в течение 2 ч. После набухания их измельчали в гомогенизаторе до размера частиц 2–3 мм, смешивали с водой в весовом соотношении 1:13 и направляли на экстрагирование в ультразвуковой ванне при 85 °С в течение 3 ч. Надосадочную жидкость отфильтровывали и охлаждали до 40 °С. мК свежеприготовленному водорослевому экстракту добавляли ЖКС «Жидкий дым» в соотношении 2:1 и хорошо перемешивали. В результате образовывалась вязкая копильно-водорослевая композиция коричневого цвета, обладающая выраженным ароматом копчения с некоторыми приятными водорослевыми оттенками (йодным, аминным), напоминающими запах моря.

Полученную композицию использовали для горячего копчения рыбы адгезионным способом путем погружения в нее кусочков рыбы на 3–5 с, с последующим их подсушиванием 20–30 мин теплым воздухом с температурой 20–22 °С, при этом на поверхности рыбы копильный гель превращался в пленку. Далее проводили термообработку рыбы в течение 30–40 мин при температуре 110–130 °С и постоянной циркуляции горячего воздуха [8]. Образцы водорослей, водорослевого экстракта, водорослево-копильной композиции и рыбного продукта горячего копчения представлены на рис. 1.

Определение показателей качества водорослей, копильно-водорослевой композиции и копченой рыбы проводили с применением соответствующих методик по содержанию следующих компонентов:

- белка (SOP 3. III. 03\_1) на анализаторе белка Gerhardt;
- жира (SOP 3. III. 10.1) на аппарате Сокслета;
- легкогидролизуемых полисахаридов (общих углеводов — SOP 3. III. 04) поляриметрическим методом с предварительным гидролизом;
- сырой клетчатки — по европейской методике Standard Operating Procedure (SOP) 3. III. 08, путем пропускания горячих растворов 80% уксусной кислоты и этанола и холодного петролейного эфира с применением вакуума;
- моносахаров (SOP 3. III. 04) по методике Luff/Schoorl;
- сухих веществ и воды (SOP 3. III. 01) высушиванием при 105 °С;
- металлов (в т. ч. тяжелых) (SOP 3. IV. 42\_0) методом атомно-адсорбционной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой;
- аминокислотный состав белков (SOP IV. 42) с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и масс-спектрометрии;
- общих фенолов (SOP 3. IV. 18) спектрофотометрическим анализом с применением реагента Фолина и с предварительным окрашиванием спиртового экстракта 4-аминоантипирином в присутствии железосинеродистого калия при измерении оптической плотности на спектрофотометре В-1200;
- общих каротиноидов (SOP 3. IV. 16) с предварительной экстракцией петролейным эфиром и фотометрическим анализом при длине волны 450 нм;
- водорастворимых витаминов (SOP 3. IV. 07) методом ВЭЖХ с мобильной фазой «вода/ацетонитрил/уксусная кислота»;
- жирорастворимых витаминов (SOP 3. IV. 02) методом ВЭЖХ с мобильной фазой «изооктан/ этилацетат» в разном соотношении для каждого витамина;
- полициклических ароматических углеводородов (SOP 3. IV. 33\_2) с предварительным гидролизом в ди-

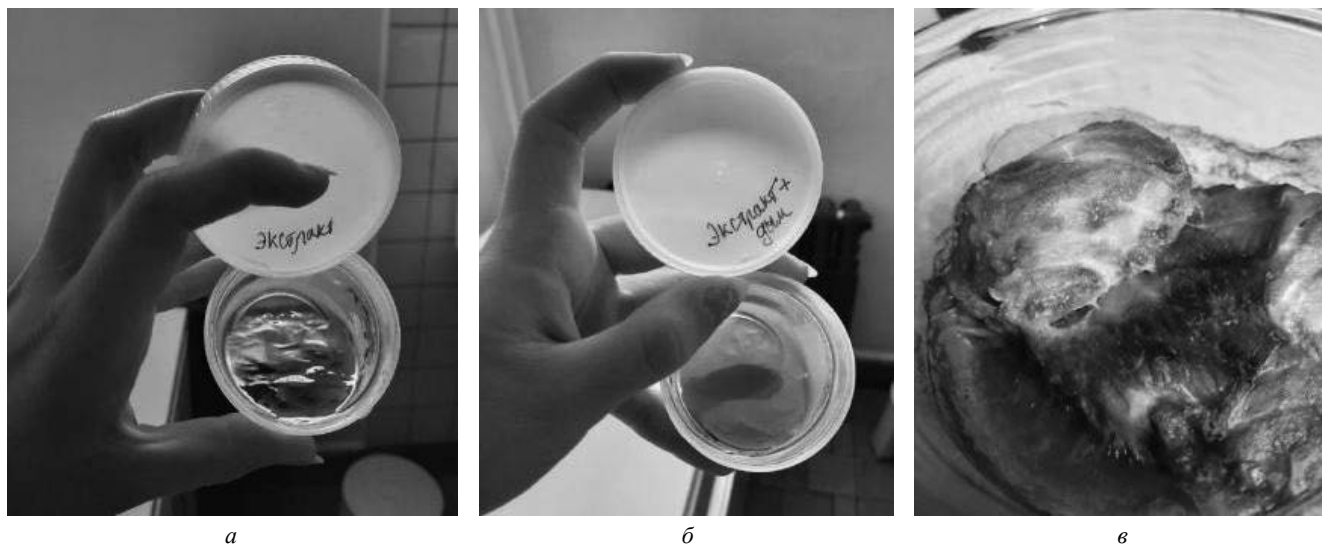


Рис. 1. Экспериментальные образцы в модельной технологии горячего копчения рыбы: а — экстракт красной водоросли *Furcellaria lumbricalis*; б — копильно-водорослевая композиция; в — рыбные кусочки горячего копчения

Fig. 2. Experimental samples in the model technology of hot smoking of fish:

a — extract of the red algae *Furcellaria lumbricalis*; б — smoke-seaweed composition; в — hot smoked fish pieces

Таблица 1

**Химический состав сушеной красной водоросли  
*Furcellaria lumbricalis* Балтийского моря**

Table 1

**Chemical composition of dried red algae  
*Furcellaria lumbricalis* of the Baltic Sea**

Наименование показателя	Содержание, г/100 г сухого вещества <sup>1</sup>
Белки	23,3
Жиры	0,33
Общее количество легкогидролизуемых полисахаридов, в т. ч.	58,6
Клетчатка (целлюлоза)	7,5
Моносахара	0,43
Негидролизуемые полисахариды	1,84
Минеральные вещества	15,5

<sup>1</sup> Содержание сухих веществ в водорослях составляло 81,9%

Таблица 2

**Содержание пигментов и минеральных веществ  
и в красных водорослях *Furcellaria lumbricalis*  
Балтийского моря**

Table 2

**The content of pigments and minerals in the red algae  
*Furcellaria lumbricalis* of the Baltic Sea**

Показатель	Содержание, мг/100 г сухого вещества	Физиологические нормы потребления (МР 2.3.1.0253–21, МР 2.3.1.1915–04), мг/сут
Каротиноиды	1,81	5
Лютеин	1,7	5
Кальций	1104,6	1000
Цинк	6,0	12
Марганец	23,5	2
Натрий	215,4	1300
Калий	518,8	3500
Магний	688,9	420
Хром	0,1	0,04
Медь	1,7	1
Йод	58,1	0,15

Таблица 3

**Содержание тяжелых металлов в водорослях  
*Furcellaria lumbricalis***

Table 3

**The content of heavy metals  
in *Furcellaria lumbricalis* algae**

Тяжелые металлы	Содержание	ТР ЕАЭС 040/2016, не более мг/кг
Свинец	0,1	0,5
Кадмий	0,017	1,0
Мышьяк	0,362	5,0
Ртуть	0,001	0,1

метилформамидной воды DNF/H<sub>2</sub>O (9:1) при экстракции с циклогексаном и определением ВЭЖХ с последующим флуоресцентным детектированием индивидуальных представителей ПАУ.

Динамическую вязкость копильно-водорослевой композиции измеряли на вискозиметре Brookfield.

**Результаты исследования, их обсуждение**

Результаты исследования основных физико-химических показателей сушеной красной водоросли *Furcellaria lumbricalis* приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что водоросли богаты белками, легкогидролизуемыми углеводами, представленными в основном сульфатированными полисахаридами (каррагинаны, фуцелларан) и минеральными веществами. Данные компоненты обуславливают основной биопотенциал водорослевых экстрактов, обеспечивают их коллоидное состояние и высокие адгезионные свойства. Полученные данные по химическому составу согласуются с литературными [7,11,13]. В водорослях также содержится небольшое количество моносахаров (галактоза, манноза, сахароза), обуславливающих сладковатый привкус получаемых растворов и участвующих в формировании цвета копчености путем карамелизации при высоких температурах [1, 8].

В составе исследованной водорослевой массы установлено значительное содержание пигментов, окрашивающих ее водные экстракты в коричнево-красный цвет (табл. 2). Доказана также достаточно высокая массовая доля минеральных веществ, обуславливающих ее биологическую ценность. Экспериментальные данные, соотношенные с суточными физиологическими нормами потребления данных БАВ (функциональных пищевых ингредиентов в соответствии с ГОСТ Р 54059–2010), представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что красные водоросли являются богатым источником функциональных пищевых ингредиентов с антиоксидантными свойствами (каротиноиды, лютеин), а также минеральных веществ, прежде всего, кальция, калия, натрия, магния, йода, марганца, обладающих многими физиологически активными свойствами [13, 14].

При введении в состав копильной композиции водорослевого экстракта важно было убедиться в ее безопасности по содержанию токсичных веществ. Данные анализа тяжелых металлов (табл. 3) свидетельствуют о том, что красные водоросли Балтийского моря являются экологически безопасным сырьем, их можно использовать в пищевых целях.

Значения физико-химических показателей и органолептические свойства полученной копильно-водорослевой композиции (табл. 4) свидетельствуют о специфических свойствах новой ЖКС, не всегда соответствующих требованиям, регламентированным для копильного препарата «Жидкий дым». При этом их органолептические признаки (аромат и цвет) близки, отличие заключается в более вязкой консистенции ЖКС, обусловленной коллоидным состоянием.

Органолептическая оценка модельных образцов копченой рыбы показала, что они имели выраженные аромат и вкус копчености, свойственные рыбе горячего

копчения, с некоторым приятным «морским» привкусом, без посторонних оттенков. Консистенция продукта была нежной, сочной, мышечная ткань полностью проварилась и легко разделялась по миосептам. По внешнему виду образцы представляли собой цельные куски рыбы, коричневатого-оранжевого цвета, равномерно окрашенные, без трещин и надломов. При формировании пищевого комка во рту оставались приятное послевкусие натурально выкопченной рыбы.

Безопасность экспериментальных образцов коптильно-водорослевой композиции и выкопченных с ее применением образцов рыбы была доказана по содержанию наиболее важных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Полученные данные, представленные относительно наличия ПАУ в коптильном препарате «Жидкий дым», приведены в табл. 5.

В ТР ЕАЭС 040/2016 регламентируемое содержание бенз(а)пирена в копченых пищевых продуктах должно быть не более 0,005 мг/кг. В коптильно-водорослевом экстракте, а также полученном рыбном продукте горячего копчения ПАУ отсутствовали, несмотря на их наличие в «Жидком дыме», что свидетельствует о безопасности данной продукции по этому показателю. Данный эффект может быть объяснен высокой молекулярной массой ПАУ и некоторыми «барьерными» свойствами коллоидной консистенции образующейся коптильно-водорослевой композиции. Важным выводом данного экс-

перимента является факт полного отсутствия ПАУ в мышечной ткани копченой рыбы, которую по этому признаку можно считать экологически безопасной [1, 2, 10].

Формирование характерных свойств копченой продукции (специфических вкуса и аромата, антиокислительных и бактерицидных свойств) обусловливается присутствием в ней, прежде всего, фенольных компонентов. Общее количество фенолов в экспериментальных образцах копченой рыбы составляло: в треске — 2,7 мг/100 г, салаке — 2,5 мг/100 г, что соответствует традиционной степени прокопченности рыбы по данному показателю [1,2, 14]. Это свидетельствует как об адекватности копчения новым и традиционным способом по фенольному показателю, так и о способности фенольных веществ диффундировать из коптильной пленки на поверхности вглубь мышечной ткани рыбы.

Достоинством предлагаемой технологии копчения является возможность обогатить обрабатываемый продукт водорослевыми биологически активными веществами с антиоксидантными свойствами. Соответствующий анализ копченой трески показал содержание в ней каротиноидов на уровне 0,25 мг/100 г. Помимо антиоксидантной функции каротиноиды усиливают окрашивающий эффект тканей рыбы, привнося коричнево-красные оттенки, желаемые в копчении [1, 6, 10, 15].

В копченой треске также установлено присутствие другого БАВ с антиоксидантными и красящими свой-

Таблица 4

**Показатели качества коптильного препарата «Жидкий дым» и коптильно-водорослевой композиции**

Table 4

**Quality indicators of the liquid smoke preparation «Liquid smoke» and the smoke-seaweed composition**

Наименование	Фактическое значение		Значение по ТУ 10.89.19-037-55482687-2017
	Жидкий дым	Коптильно-водорослевая композиция	
Массовая доля органических кислот (в пересчете на уксусную кислоту), %	13,2	2,3	не менее 10,0
Массовая доля фенольных соединений (в пересчете на гваякол), %	3,2	1,6	2,1–4,5
Массовая доля карбонильных соединений (в пересчете на фурфурол), %	18,5	5,6	15,0–40,0
pH	1,9	6,3	2,5–1,5
Динамическая вязкость, сПз	12	492	—
Органолептические показатели	Темно-коричневая жидкость с запахом копчености, вязкая легко текучая	Выраженный аромат копчености с небольшим «морским» оттенком, без посторонних запахов; цвет ярко коричневый; консистенция вязкая, однородная, текучая	Темно-коричневая жидкость с запахом копчености, вязкая легко текучая

Таблица 5

**Содержание некоторых ПАУ в коптильных средах и копченой рыбе**

Table 5

**The content of some PAH in smoking media and smoked fish**

Название	ЖКС «Жидкий дым», мкг/кг	Коптильно-водорослевый экстракт, мкг/кг	Рыба горячего копчения, мкг/кг
Бенз(а)пирен	0,17	0	0
Бенз(б)флуорантен	0,16	0	0
Бенз(а)антрацен	1,0	0	0
Хризен	0,64	0	0

Таблица 6  
**Аминокислотный состав белков трески горячего бездымного копчения, изготовленной с применением коптильно-водорослевой-композиции**

Table 6  
**Amino acid composition of proteins of hot smokeless cod made using a smoke-seaweed composition**

Аминокислота	Содержание, г/100 г белка
Аланин	0,43
Аргинин	1,16
Валин	2,17
Аспарагиновая кислота	0,36
Глутаминовая кислота	0,72
Тирозин	1,05
Глицин	0,36
Изолейцин	1,81
Лейцин	3,62
Лизин	2,57
Метионин	1,99
Орнитин	0,36
Фенилаланин	2,25
Серин	0,51
Таурин	2,86
Триптофан	0,43

ствами — лютеина (1,4 мг/100 г). Данный факт свидетельствует о повышении биологической ценности получаемой продукции до функционального уровня, поскольку рекомендуемый уровень потребления лютеина в России — 5 мг/сут ( [МР 2.3.1.1915–04]). Таким образом, употребление 100 г такой рыбы обеспечивает поступление в организм 28% лютеина.

Важным доказательством щадящего воздействия новой технологии горячего копчения и высокой биологической ценности готовой продукции является установление уровня содержания основных витаминов группы В в копченой треске: витамины В<sub>1</sub> (1,8 мг/100 г) и В<sub>2</sub> (0,6 мг/100 г). Из литературных данных известно, что в мышечной ткани трески-сырья содержание в 100 г данных витаминов составляет соответственно (по разным данным) 0,09–1,8 мг и 0,07–0,9 мг [16],[17]. Полученные данные свидетельствуют о том, что высокотемпературная обработка и коптильные компоненты не разрушили данных витаминов, а некоторая потеря тканевой влаги, характерная для горячего копчения, способствовала повышению их содержания. Физиологически рекомендуемые суточные нормы употребления данных витаминов составляют: В<sub>1</sub>–1,5 мг/сут, В<sub>2</sub>–1,8 мг/сут (МР 2.3.1.0253–21). Таким образом, употребление 100 г копченой новым способом трески способно удовлетворить соответствен-

но 120% (В<sub>1</sub>) и 33% (В<sub>2</sub>) их суточной физиологической потребности.

Установленный аминокислотный состав белков экспериментальных образцов трески горячего копчения дополняет данные о высокой биологической ценности полученной продукции (табл. 6).

Полученные данные по аминокислотному составу белков копченой трески (табл. 6) показывает, что в ее мышечной ткани содержатся все незаменимые аминокислоты, при этом достаточно много ценных валина (2,17%), фенилаланина (2,25%) и лизина (2,57%). Последнее обстоятельство особенно важно для обоснования рациональности новой технологии копчения, поскольку лизин обладает высокой реакционной способностью по отношению к коптильным компонентам и теряет свою природу при взаимодействии с карбонильными соединениями и фенолами [1, 12].

Проведенные исследования показывают высокий биопотенциал красных водорослей и рациональность его применения для целей бездымного копчения. Рыба горячего копчения, полученная адгезионным способом нанесения коптильно-водорослевой композиции, обладает приятными органолептическими свойствами, повышенной биологической ценностью, не содержит канцерогенных ПАУ. Это позволяет утверждать, что данная технология эффективна, готовая продукция экологически безопасна и полезна для употребления широкими слоями населения.

## Выводы

Установлен высокий биопотенциал красных водорослей *Furcellaria lumbricalis* Балтийского моря по содержанию белков, легкогидролизуемых полисахаридов (каррагинанов), минеральных веществ (кальций, калий, натрий, магний, йод, марганец), биологически активных пигментов с антиоксидантными свойствами (каротиноиды, лютеин). Доказана безопасность водных экстрактов водорослей по содержанию тяжелых металлов и ПАУ.

Установлена биосовместимость водорослевого экстракта с коптильным препаратом «Жидкий дым» при получении коптильной композиции коллоидной консистенции с заданными функционально-технологическими характеристиками, в том числе высокой адгезионной способностью, красящим и вкусо-ароматическим эффектами и безопасной по содержанию ПАУ.

Исследована способность коптильно-водорослевой композиции формировать заданные эффекты копчения при однократном погружении в нее рыбы с последующей тепловой обработкой. Новая среда позволяет получать копченую рыбу высокой биологической ценности, функциональную по содержанию лютеина и витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, при этом в готовой продукции полностью отсутствуют канцерогенные полициклические ароматические углеводороды.

## Литература

1. Мезенова О. Я. Технология и методы копчения пищевых продуктов. СПб.: Проспект Науки, 2018, 288 с.
2. Joseph A. M. Smoke in food processing. NY: CRC Press, 2018. 168 p.
3. Назаров В. Ф., Майоров А. В. Анализ современного состояния и перспективных направлений развития технологии копчения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 2–1. С. 168–171.
4. Мезенова О. Я., Потапова В. А. Обогащенные жидкие копильные среды и их применение в пищевой биотехнологии рыбных продуктов. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 1 (12). С. 46–53.
5. Ким Э. Н., Глебова Е. В. Исследование химического состава и технологических свойств современных копильных препаратов // Известия ТИНРО. 2008. С. 356–362.
6. Панина О. В. Особенности использования каррагинана в пищевом производстве // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр, 2017. С. 119–120.
7. Подкорытова А. В., Фан Т. К. Пигменты и каррагинаны из красных водорослей // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. 2010. № 3. С. 74–77.
8. Игнатова Т. А., Подкорытова А. В., Усов А. И., Родина Т. В. Ранжирование красных водорослей-агарофитов по критериям их качества с применением методов математического анализа // Труды ВНИРО. 2019. № 176. С. 27–40.
9. Сушина А. Д., Мезенова О. Я. Исследование получения и применения копильной композиции на основе экстрактов красных водорослей *Furcellaria Lumbri-calis* // Вестник Международной академии холода. 2022. № 1. С. 53–60. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-1-53-60
10. Мезенова О. Я. Инновации в копчении пищевых продуктов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 1. С. 31–46.
11. Подкорытова А. В., Игнатова Т. А., Бурова Н. В., Усов А. И. Перспективные направления рационального использования промысловых красных водорослей рода *Ahnfeltia*, добываемых в прибрежных зонах морей России // Труды ВНИРО. 2019. Т. 176. С. 14–26.
12. Azeredo H. M. C., Waldron K. W. Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact — A review. // Trends in Food Science & Technology. 2016. Vol. 52. P. 109–122.
13. Подкорытова А. В., Игнатова Т. А. Морские красные водоросли — источник биологически активных веществ, перспективных для применения в медицине и фармацевтике // Труды ВНИРО. 2022, Т. 188, С. 202–223.
14. Тутельян В. А., Никитюк Д. Б., Погожева А. В. Нутрициология и клиническая диетология. Национальное руководство. Издательство: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 1008 с.
15. Мезенова О. Я., Исакова Т. С. Биотехнология цельномышечных сырокопченых продуктов из мяса птицы. // Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. С. 26–32.
16. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб / под редакцией В. П. Быкова. М.: ВНИРО, 2004. 245 с.
17. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

## References

1. Mezenova O. Ya. Technology and methods of smoking food products. St. Petersburg, Prospect Nauki, 2018. 288 p. (in Russian)
2. Joseph A. M. Smoke in food processing. NY: CRC Press, 2018. 168 p.
3. Nazarov V. F., Mayorov A. V. Analysis of the current state and perspective trends in the development of smoking technology. *International Journal of the Humanities and Natural Sciences*. 2020. No. 2–1. pp. 168–171. (in Russian)
4. Mezenova O. Ya., Potapova V. A. Enriched liquid smoking media and their application in food biotechnology of fish products. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2015. No. 1 (12), pp. 46–53. (in Russian)
5. Kim E. N., Glebova E. V. Study of the chemical composition and technological properties of modern smoke preparations. *Izvestiya TINRO*. 2008. p. 356–362. (in Russian)
6. Panina O. V. Features of the use of carrageenan in food production. *Scientific and technical progress: current and promising directions of the future*. Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference. West Siberian Scientific Center, 2017. P. 119–120. (in Russian)
7. Podkorytova A. V., Fan T. K. Pigments and carrageenans from red algae. *Rybprom: technologies and equipment for the processing of aquatic biological resources*. 2010. No. 3. p. 74–77. (in Russian)
8. Ignatova T. A., Podkorytova A. V., Usov A. I., Rodina T. V. Ranking of red agarophyte algae according to their quality criteria using methods of mathematical analysis. *Proceedings of VNIRO*. 2019. No. 176. P. 27–40. (in Russian)
9. Sushina A. D., Mezenova O. J. Obtaining and using smoked composition based on the extracts of *Furcellaria Lumbri-calis* red seaweed. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2022. No 1. p. 53–60. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-1-53-60 (in Russian).
10. Mezenova O. Ya. Innovations in the smoking of food products. *Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia*, 2017. V. 3. No. 1. pp. 31–46. (in Russian)
11. Podkorytova A. V., Ignatova T. A., Burova N. V., Usov A. I. Perspective directions for the rational use of commercial red algae of the genus *Ahnfeltia*, harvested in the coastal zones of the Russian seas. *Proceedings of VNIRO*. 2019. vol. 176. p. 14–26. (in Russian)
12. Azeredo H. M. C., Waldron K. W. Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact — A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. Vol. 52. P. 109–122.
13. Podkorytova A. V., Ignatova T. A. Marine red algae — a source of biologically active substances that are promising for use in medicine and pharmaceuticals. *VNIRO Proceedings*. 2022. vol. 188. p. 202–223. (in Russian)
14. Tutelyan V. A., Nikityuk D. B., Pogosheva A. V. Nutrition and clinical nutrition. National leadership. Publisher: GEOTAR-Media, 2022. 1008 p. (in Russian)
15. Mezenova O. Ya., Isakova T. S. Biotechnology of whole-muscle smoked poultry products. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2016. No. 2. p. 26–32. (in Russian)
16. Handbook on the chemical composition and technological properties of marine and oceanic fish / edited by V. P. Bykov. Moscow. VNIRO, 2004. 245 p. (in Russian)
17. Chemical composition of Russian food products: Handbook / Ed. I. M. Skurikhin, V. A. Tutelyan. Moscow. DeLi print, 2002. 236 p. (in Russian)

**Сведения об авторах****Мезенова Ольга Яковлевна**

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета, 236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1, mezenova@klgtu.ru. ORCID 0000-0002-4716-2571

**Самбурская Надежда Вадимовна**

Студент бакалавриата направления «Биотехнология» кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета, 236022 Россия, Калининград, Советский пр. 1, nadyasamburskaya@outlook.com. ORCID 0000-0002-8945-1478

**Сушина Анастасия Дмитриевна**

Аспирант кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета, 236022 Россия, Калининград, Советский пр. 1, nastenka-1997@bk.ru. ORCID 0000-0003-1841-6146

**Мёрзель Йорг-Томас**

Доктор наук, профессор, Генеральный директор научно-консультационной лаборатории UBF GmbH, Ан дер Мюле, 1, Алтландсберг, Германия, 15345, thomas.moersel@ubf-research.com. ORCID 0000-0002-5760-1144



Статья доступна по лицензии  
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»

**Information about authors****Mezenova Olga J.**

D. Sc., professor, chair of the Department of Food Biotechnology of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1, mezenova@klgtu.ru. ORCID 0000-0002-4716-2571

**Samburskaya Nadezhda V.**

Bachelor of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, 236022 Russia, nadyasamburskaya@outlook.com. ORCID 0000-0002-8945-1478

**Sushina Anastasia D.**

PhD student at the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Sovetskiy pr. 1, nastenka-1997@bk.ru. ORCID 0000-0003-1841-6146

**Mörsel Jörg-Thomas**

D. Sc., Professor, Director General Geschäftsführer UBF — Untersuchungs-, Beratungs-, Forschungslaboratorium GmbH, An der Mühle 1, Altlandsberg, Deutschland, 15345, thomas.moersel@ubf-research.com. ORCID 0000-0002-5760-1144

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ****АСКЕЗА ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ДОМИНИРУЮЩЕЙ НЕОКЛИМАТИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ****26 января 2023 г.****Адрес проведения:** Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, Университет ИТМО**ТЕМЫ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:**

- ресурсы энергосбережения низкотемпературных систем на природных хладагентах;
- инновационные решения в низкотемпературной технике в условиях неоклиматических особенностей доминирующей реальности;
- специфика развития стратегии применения синтетических хладагентов;
- техника безопасности и регламенты конструирования систем низкотемпературной энергетики на природных хладагентах;
- дизайн и новые тренды современных низкотемпературных систем на природных хладагентах;
- устойчивые холодильной цепи, теплохладоснабжение;
- релевантные проблемы евроарктического региона, сохранение биоразнообразия фауны Земли;
- деградация вечной мерзлоты, замораживание и термостабилизация грунтов;
- теплофизические свойства рабочих веществ техники низких температур, особенности теплообмена, наноструктурированные и магнитокалорические материалы;
- технологии сжиженного природного газа в низкотемпературных энергосистемах.

Заявки на участие в конференции подавать до 15.01.2023 г.

на электронный адрес: laptev\_yua@mail.ru

Тел.: (812) 764-30-35