

## Ферментативная экстракция жира из вторичного сырья атлантической скумбрии и его использование в функциональном питании

Л. В. ДАМБАРОВИЧ<sup>1</sup>, канд. техн. наук С. В. АГАФОНОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>leoneman2010@mail.ru, <sup>2</sup>svetlana.agafonova@klgtu.ru

Калининградский государственный технический университет

*Исследовано содержание жира в отходах от разделки атлантической скумбрии (*Scomber scombrus*), установлено, что наибольшая жирность характерна для голов скумбрии. Общая масса отходов (головы, хребты, внутренние органы) содержит 18,7% жира, следовательно, может являться сырьем для его производства. Жир, полученный из вторичного сырья скумбрии, характеризуется кислотным числом 1,1 мг КОН/г, перекисным числом 4,1 мэкв/кг, числом омыления 179,5 мг КОН/г, йодным числом 141,9 г/100 г. Показатели гидролитической и окислительной порчи не превышают регламентированных для пищевого жира значений. Жирнокислотный состав жира, исследованный методом газовой хроматографии, свидетельствует о содержании полиненасыщенных жирных кислот на уровне 52%, среди которых идентифицированы омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты (эйкозатриеновая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая, альфа-линоленовая), выполняющие важные биологические функции в организме человека. Исследовано влияние продолжительности гидролиза ферментным препаратом Alcalase 2,5 L и его дозировки на степень извлечения жира из измельченных отходов атлантической скумбрии. Установлено, что при гидролизе 0,5% алкалазы в течение 60 минут из рыбного сырья извлекается до 78,5% жира от общего количества, извлекаемого при экстракции диэтиловым эфиром по методу Сокслета. Полученный из вторичного сырья атлантической скумбрии жир предложено использовать для обогащения эмульсионного соуса, изготовленного по рецептуре майонеза «Провансаль». Замена в соусе 15% подсолнечного масла на рыбный жир позволяет получить продукт, функциональный по незаменимым омега-3 жирным кислотам: альфа-линоленовой, эйкозапентаеновой, докозагексаеновой. Представлена технологическая схема производства обогащенного продукта.*

**Ключевые слова:** скумбрия атлантическая, вторичное рыбное сырье, ферментативный гидролиз, алкалаза, рыбный жир, эмульсионный соус.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 28.03.2022, одобрена после рецензирования 10.04.2022, принята к печати 28.04.2022

DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-48-55

Язык статьи — русский

### Для цитирования:

Дамбарович Л. В., Агафонова С. В. Ферментативная экстракция жира из вторичного сырья атлантической скумбрии и его использование в функциональном питании // Вестник Международной академии холода. 2022. № 2. С. 48–55. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-48-55

## Enzymatic extraction of oil from Atlantic mackerel waste and its use in functional nutrition

L. V. DAMBAROVICH<sup>1</sup>, Ph. D. S. V. AGAFONOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>leoneman2010@mail.ru, <sup>2</sup>svetlana.agafonova@klgtu.ru

Kaliningrad State Technical University

*The oil content in the waste of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) was investigated, it was found that the highest oil content is characteristic of mackerel heads. The total mass of waste (heads, ridges, and internal organs) contains 18.7% oil, therefore, it can be a raw material for its production. The oil obtained from mackerel waste is characterized by an acid value of 1.1 mg KOH/g, a peroxide value of 4.1 meq/kg, a saponification value of 179.5 mg KOH/g, and an iodine value of 141.9 g/100 g. Indicators of hydrolytic and oxidative spoilage do not exceed the values regulated for edible oil. The fatty acid composition of oil, studied by gas chromatography, indicates the content of polyunsaturated fatty acids at the level of 52%, among which omega-3 polyunsaturated fatty acids (eicosatrienoic, eicosapentaenoic, docosahexaenoic, and alpha-linolenic), performing important biological functions in the human body, have been identified. The effect of hydrolysis duration with the enzyme preparation Alcalase 2,5 L and its dosage on the degree of oil extraction from the crushed waste of Atlantic mackerel was investigated. It was found that during hydrolysis of 0.5% Alcalase within 60 minutes, up to 78.5% of the oil from the amount of oil extracted by extraction with diethyl ether using the Soxhlet method is extracted from fish*

*raw materials. The oil extracted from the secondary raw materials of Atlantic mackerel is proposed to be used to enrich the emulsion sauce made according to the recipe of Provencal mayonnaise. Replacing 15% of sunflower oil in the sauce with fish oil allows you to get a product that is functional for essential omega-3 fatty acids: alpha-linolenic, eicosapentaenoic, and docosahexaenoic. The technological scheme of production of the enriched product is presented.*

**Keywords:** Atlantic mackerel, fish waste, enzymatic hydrolysis, Alcalase, fish oil, emulsion sauce.

#### Article info:

Received 28/03/2022, approved after reviewing 10/04/2022, accepted 28/04/2022

DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-48-55

Article in Russian

#### For citation:

Dambarovich L. V., Agafonova S. V. Enzymatic extraction of oil from Atlantic mackerel waste and its use in functional nutrition. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2022. No 2. p. 48–55. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-48-55

## Введение

Жир является неотъемлемой частью питания человека. Согласно рекомендациям ФАО/ВОЗ, жиры должны составлять от 15 до 35% энергетической ценности ежедневного рациона взрослого человека. Основным критерием сбалансированности пищевых жиров является количество и качество ненасыщенных жирных кислот. Установлено, что замена некоторых насыщенных жирных кислот мононенасыщенными и полиненасыщенными снижает уровень холестерина в крови и риск развития резистентности к инсулину. Оптимальное содержание насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в рационе человека составляет 1:1:1 [1, 2].

Наибольшей биологической ценностью обладают омега-3 и омега-6 жирные кислоты. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) этих классов обладают способностью изменять состав плазматических мембран, регулировать транскрипцию генов и модулировать клеточные сигналы. Они являются предшественниками различных липидных медиаторов, включая эйкозаноиды. Хорошо известна профилактическая функция омега-3 жирных кислот в отношении сердечно-сосудистых заболеваний, которая реализуется благодаря эйкозаноидам, образующимся в соответствующих метаболических путях. В дополнение к антиатерогенному и кардиопротекторному действию, недавние исследования установили антиканцерогенные, противовоспалительные, противомикробные и иммуномодулирующие эффекты таких эйкозаноидов. Омега-6 жирные кислоты, напротив, являются предшественниками в синтезе биологических регуляторов, которые оказывают атерогенное, воспалительное действие. Поскольку кислоты омега-3 и омега-6 являются биологическими конкурентами в синтезе различных эйкозаноидов, необходимо обеспечивать оптимальное соотношение этих жирных кислот для поддержания здоровья человека [1, 3–5].

Соотношение омега-3 и омега-6 жирных кислот в рационе должно составлять не менее 1:10 для здорового человека и не менее 1:5 для людей с заболеваниями сердечно-сосудистой системы [1, 2]. Отдельно нормируется потребление таких важных омега-3 полиненасыщенных жирных кислот, как эйкозапентаеновая, докозагексаеновая и альфа-линоленовая. Рекомендуется ежедневно потреблять от 0,2 до 0,5 г эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот и 1 г альфа-линоленовой кислоты [1].

Основным источником полиненасыщенных жирных кислот, в частности, класса омега-3, являются морские пелагические рыбы, в организм которых они поступают по пищевой цепи из планктона [1]. Мышечная ткань этих рыб, как правило, имеет высокую пищевую и биологическую ценность, поэтому ее использование для экстракции жира нецелесообразно. Отходы, образующиеся при переработке рыбы, также содержат ценный жир, который по качеству не уступает мышечному [3, 4]. В научной литературе широко освещены перспективы использования белковой составляющей рыбных отходов при производстве пищевых гидролизатов, различных протеиновых добавок [6], однако потенциал для получения жировых продуктов исследован недостаточно.

Способ экстракции жира из сырья оказывает влияние на эффективность его выделения и на его качество. Традиционная технология влажного прессования, при котором рыбное сырье обрабатывается высокой температурой в водной среде, как правило, не позволяет добиться высокого выхода жира. Актуальным способом обработки рыбных отходов для повышения выхода жира является биотехнологический с использованием ферментных препаратов. Для обработки рыбного сырья используются различные виды коммерческих протеаз. Эти протеазы проявляют активность при невысоких температурах, в условиях нейтрального и слабощелочного pH.

В сравнительных исследованиях процесса экстракции жира из отходов радужной форели органическим растворителем и с помощью протеазы *Bacillus subtilis* установлено, что, несмотря на большую эффективность в плане выделения жира, экстракция органическим растворителем приводит к получению продукта с гораздо меньшим содержанием омега-3 полиненасыщенных жирных кислот [7]. В исследовании [8] показана эффективность извлечения жира из вторичного сырья балтийской сельди протеазами Alcalase, Neutrase и Protamex при гидролизе в течение 35 и 70 минут. Авторами работ [9]–[12] установлено, что жир, образующийся как побочный продукт при получении белковых гидролизатов из отходов атлантического лосося (Sea-B-Zyme L200), тунца и нильского окуня (Alcalase), в перспективе может рассматриваться как содержащее омега-3 ценное пищевое сырье. Установлена эффективность экстракции жира из голов нильского окуня и лосося с использованием ферментных препаратов бромелаин и протекс в количестве 0,5%. Ко-

личество извлеченного жира составило до 88% от общего количества доступных липидов в рыбном сырье [11].

Наибольшими преимуществами для гидролиза рыбного сырья обладает ферментный препарат алкалаза. Эта протеаза эффективна в низких дозировках, обладает высокой гидролизующей способностью и образует небольшое количество белково-жировой эмульсии, связывающей жир и снижающей его выход.

При введении рыбного жира — источника омега-3 жирных кислот — в рацион человека необходимо учитывать специфику продукта, обусловленную его органолептическими свойствами, а также жирнокислотным составом. Современным направлением является обогащение жиросодержащих пищевых продуктов массового потребления.

### Цель и задачи исследования

Целью исследования явилась разработка технологии извлечения жира из вторичного сырья атлантической скумбрии (*Scomber scombrus*) и изготовления на его основе эмульсионного соуса для включения в рацион человека в качестве источника омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. В соответствии с целью были поставлены задачи по исследованию качества и безопасности жира из вторичного сырья скумбрии; обоснованию параметров ферментативного гидролиза рыбного сырья для извлечения жира; разработке технологической схемы производства эмульсионного соуса, обогащенного рыбным жиром, и обоснованию функциональности продукта.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования явились головы, хребты и внутренние органы скумбрии атлантической (*Scomber scombrus*), накапливающиеся в качестве отходов на перерабатывающих предприятиях Калининградской области при производстве рыбной продукции, а также жир, выделенный из них.

Извлечение жира при установлении его содержания в рыбных отходах осуществляли диэтиловым эфиром в экстракторе Сокслета. Содержание влаги устанавливали стандартным методом. Определение кислотного, перекисного, йодного и числа омыления проводили по ГОСТ 7631.

Подготовка образца жира при исследовании жирнокислотного состава состояла из омыления жирных кислот и дальнейшей этерификации с использованием метанола. Полученные эфиры жирных кислот анализировали на газовом хроматографе TRAXE GC 2000 Ultra FINNIGAN с детекцией пламенной ионизации при следующих условиях: колонка кварцевая капиллярная SPTM-2560 (100×0,25 мм); температура инжектора, начальная и конечная температуры термостата колонки поддерживались на уровне 260, 100 и 240 °С, соответственно. Объем вводимого образца составлял 1 мкл. Пики были идентифицированы путем сравнения их времени удерживания с таковыми у аутентичных эталонных соединений (Sigma-Aldrich, Сент-Луис, Миссури, США).

При выделении жира осуществляли обработку измельченного сырья протеолитическим ферментным препаратом Alcalase 2,5 L (Novozymes, Дания) в количестве 0,2, 0,5 и 1% к массе сырья. Гидролиз вели в водной сре-

де, количество добавленной воды — 1 часть к массе сырья. Продолжительность гидролиза составляла 30, 60 и 120 минут при температуре 50 °С. По окончании гидролиза фермент инактивировали, после чего гидролизованную массу центрифугировали и с помощью делительной воронки отделяли жир.

### Результаты исследования

В табл. 1 представлено содержание жира в различных видах вторичного сырья, образующегося при разделке скумбрии.

Таблица 1

#### Содержание влаги и жира во вторичном сырье атлантической скумбрии, %

Table 1

#### Moisture and oil content in Atlantic mackerel waste, %

Вид вторичного сырья	Вода	Жир
Головы	58,3	20,3
Хребты	57,2	18,8
Внутренние органы	65,6	16,0
Общая масса вторичного сырья	60,9	18,7

Анализ химического состава вторичного сырья атлантической скумбрии позволил установить его жирность на уровне 16,1–20,3%. Наибольшим содержанием жира отличались головы. В среднем, жирность общей массы вторичного сырья составила 18,7%.

Результаты исследования выделенного из вторичного сырья жира по органолептическим показателям качества, показателям гидролитической и окислительной порчи представлены в табл. 2.

Таблица 2

#### Показатели качества жира, выделенного из вторичного сырья атлантической скумбрии

Table 2

#### Quality indicators of oil extracted from Atlantic mackerel waste

Наименование показателя, единицы измерения	Значение
Кислотное число, мг КОН/г	1,1
Перекисное число, мэкв/кг	4,1
Число омыления, мг КОН/г	179,5
Йодное число, г/100 г	141,9
Запах и вкус	Свойственные данному виду жира без посторонних запахов и привкуса
Прозрачность	Прозрачный
Цвет	От желтого до желто-оранжевого

Жир скумбрии прозрачный, насыщенного темно-желтого или желто-оранжевого цвета, вкус и запах, свойственные данному виду жира. Показатели гидролиза и окисления жира находятся в пределах, регламентированных ТР ЕАЭС 040/2016.

Диаграммы, представленные на рис. 1, характеризуют жирнокислотный состав жира скумбрии.

Фракция насыщенных жирных кислот составляет 28% от суммарного содержания жирных кислот. Преоб-

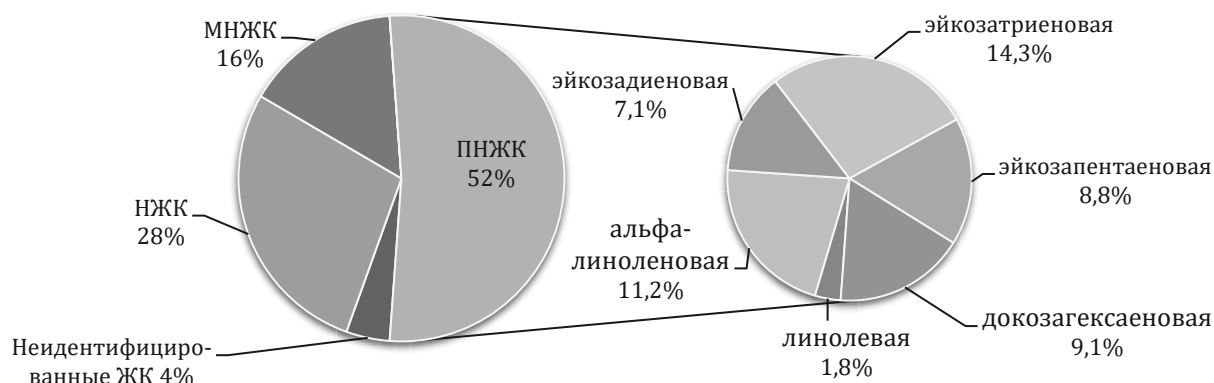


Рис. 1. Характеристика жирнокислотного состава жира из вторичного сырья атлантической скумбрии (НЖК — насыщенные жирные кислоты; МНЖК — мононенасыщенные жирные кислоты; ПНЖК — полиненасыщенные жирные кислоты)

Fig. 1. Characteristics of the fatty acid composition of Atlantic mackerel waste oil (НЖК — saturated fatty acids; МНЖК — monounsaturated fatty acids; ПНЖК — polyunsaturated fatty acids)

ладающими кислотами этой фракции являются пальмитиновая (13,9%) и миристиновая (8,6%) кислоты. На долю мононенасыщенных жирных кислот приходится 16%, эта фракция представлена преимущественно олеиновой кислотой (10,7%). Полиненасыщенные жирные кислоты составляют большую часть жирных кислот — 52%. Полиненасыщенные жирные кислоты представлены двумя основными семействами: омега-3 (эйкозатриеновая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая, альфа-линоленовая) и омега-6 жирными кислотами (эйкозодиеновая, линолевая), причем особенно высоко содержание эссенциальных факторов питания для человека — омега-3 жирных кислот. Таким образом, выделенный из вторичного сырья атлантической скумбрии жир является ценным источником омега-3 жирных кислот [13].

Зависимости на диаграмме (рис. 2) показывают эффективность протеолитического ферментного препарата Alcalase при деструкции вторичного сырья атлантической скумбрии с целью извлечения жира. Выход жира оценивался в процентах от его общего количества в сырье, установленного при экстракции по методу Сокслета.

Наибольшее влияние на выход жира оказывает продолжительность ферментативного гидролиза. Гидролиз рыбного сырья в течение 30 мин не способствует существенному увеличению выхода жира. Даже при максимальной дозировке ферментного препарата (1%) выход жира не превысил 60%. Количество отделяемого жира существенно повышается с увеличением продолжительности гидролиза с 30 до 60 мин на 25% для дозировок фермента 0,5 и 1%.

При дозировках ферментного препарата 0,5 и 1% выход жира снижается с увеличением продолжительности гидролиза с 60 до 120 мин на 11,8 и 15,4% соответственно. Это связано с выделением под действием протеазы веществ белковой природы, обладающих эмульгирующей способностью и удерживающих жир в виде трудноразделяемой при центрифугировании белково-жировой эмульсии. Таким образом, увеличение продолжительности гидролиза до 2 ч не оказывает положительного влияния на процесс выделения жира. Кроме того, при

длительном воздействии повышенной температуры в водной среде интенсифицируются процессы гидролиза и окисления жира, что приводит к ухудшению его качества.

Максимальное количество жира — 82,1% от всего содержащегося в сырье — удалось отделить при ферментативном гидролизе сырья в течение 60 мин при дозировке ферментного препарата 1%. При таком же времени гидролиза и дозировках алкалазы 0,2 и 0,5% извлекается 64,2 и 78,5% жира соответственно. Можно сделать вывод, что использование для гидролиза рыб-

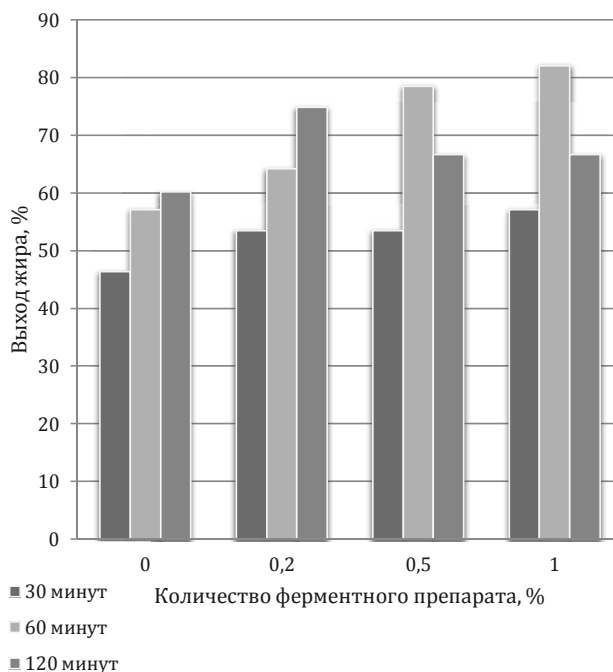


Рис. 2. Зависимость выхода жира из вторичного сырья скумбрии от дозировки ферментного препарата Alcalase при разном времени гидролиза

Fig. 2. Dependence of the oil yield from mackerel waste on the dosage of the enzyme preparation Alcalase at different hydrolysis times

ного сырья максимальной дозировки фермента — 1% — не рационально, поскольку выход жира увеличивается не пропорционально расходу алкалазы. В то же время, гидролиз в течение 60 мин при добавлении 0,5% алкалазы позволяет существенно увеличить выход жира — более чем на 20% в сравнении с контрольным экспериментом, а значит, является целесообразным. Использование более высоких дозировок ферментного препарата рационально только в иммобилизованном виде.

Основой для разработки обогащенного жиром скумбрии продукта явился классический майонез «Провансаль» с содержанием жира 67%. Часть подсолнечного масла была заменена на рыбный жир. Контрольная и экспериментальная рецептуры представлены в табл. 3 [14].

В экспериментальной рецептуре 15% подсолнечного масла было заменено на рыбный жир. Количество вносимого жира устанавливалось в предварительных экспериментах, исходя из органолептической оценки получаемого продукта и стойкости эмульсии. Для улучшения вкусо-ароматических свойств эмульсионного соуса и обеспечения сохранности полиненасыщенных жирных кислот в качестве антиокислителя вносили CO<sub>2</sub>-экстракт гвоздики.

Экспериментальный образец соуса отличался более насыщенным в сравнении с контрольным образцом цветом, отмечался легкий аромат гвоздики и слабо выраженный приятный рыбный вкус [14, 15].

Подсолнечное масло, являющееся основным сырьем для изготовления майонеза, практически не со-

Таблица 3

Рецептура контрольного образца эмульсионного соуса и соуса, обогащенного жиром из вторичного сырья атлантической скумбрии

Table 3

Formulation of a control sample for emulsion sauce and sauce enriched with oil from Atlantic mackerel waste

Компонент	Количество, кг на 100 кг готового продукта	
	контрольный образец соуса	обогащенный соус
Масло подсолнечное рафинированное, дезодорированное	65,4	55,4
Жир скумбрии	0	10,0
Вода	24,0	
Яичный порошок	5,0	
Молоко сухое обезжиренное	1,6	
Сахар-песок	1,5	
Соль поваренная	1,0	
Горчичный порошок	0,75	
Кислота уксусная	0,55	
Антиокислитель	0,13	
Сода пищевая	0,05	

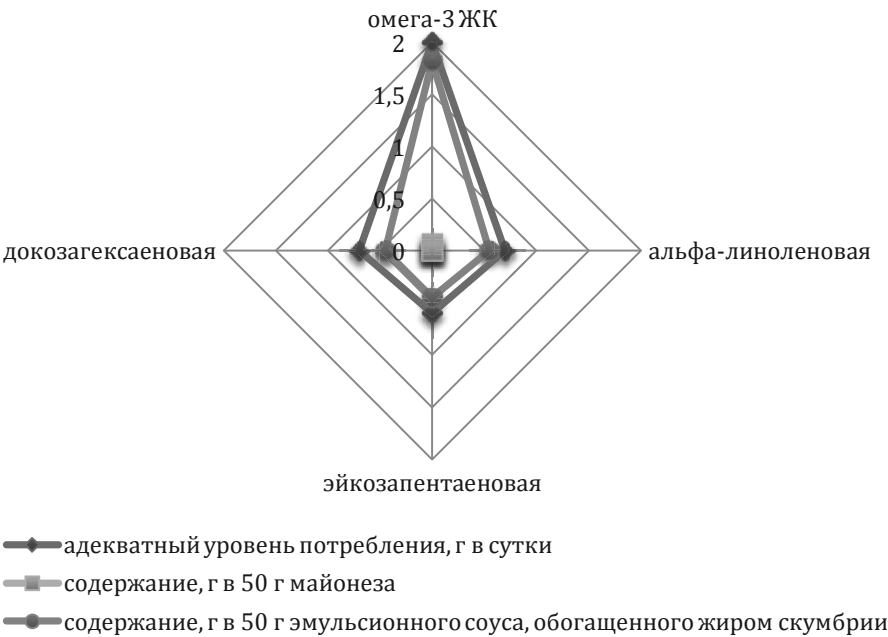


Рис. 3. Сбалансированность образцов эмульсионных соусов по омега-3 жирным кислотам  
Fig. 3. Balance of emulsion sauces' samples by omega-3 fatty acids

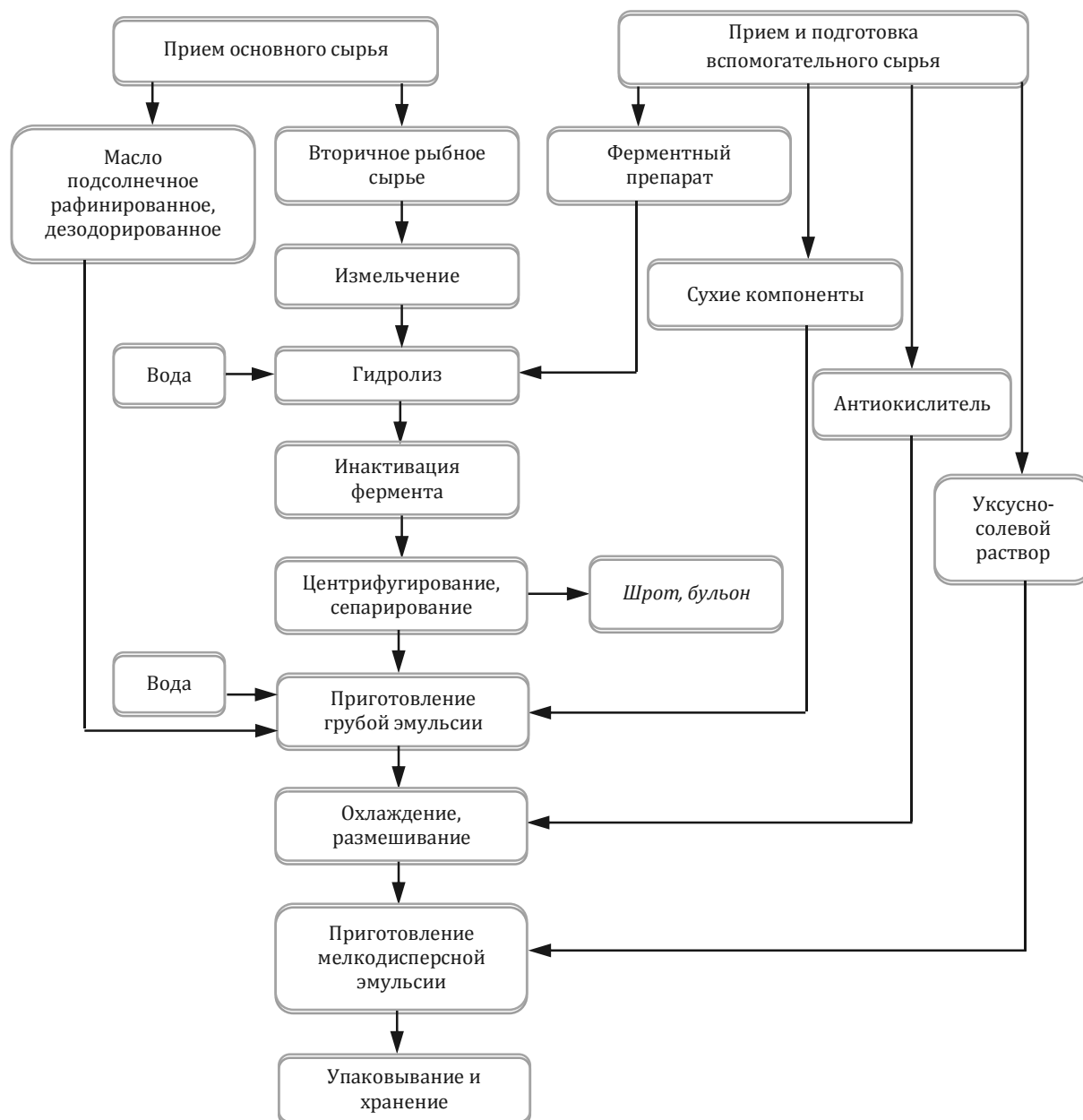


Рис. 4. Технологическая схема производства эмульсионного соуса, обогащенного жиром из вторичного рыбного сырья

Fig. 4. Technological scheme of production for emulsion sauce enriched with oil from fish waste

держит омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты. Основную массу жирных кислот (до 70%) составляет омега-6 линолевая кислота. Внесение же 10 г рыбного жира на 100 г готового продукта позволяет обогатить его незаменимыми альфа-линоленовой, докозагексаеновой и эйкозапентаеновой кислотами. Таким образом, в 50 г продукта содержится 90% от рекомендуемого суточного уровня потребления омега-3 жирных кислот (2 г), 78,6% — от рекомендуемого уровня потребления эйкозапентаеновой кислоты (0,6 г), 75% — от рекомендуемого уровня альфа-линоленовой кислоты (0,7 г) и 65,7% от рекомендуемого суточного потребления докозагексаеновой кислоты (0,7 г) (рис. 3).

В результате проведенных исследований была предложена технологическая схема переработки вторичного рыбного сырья с получением жира и дальнейшим изготовлением эмульсионного соуса (рис. 4).

## Выводы

Вторичное сырье атлантической скумбрии (*Scomber scombrus*) содержит 18,68% жира, богатого омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами (52%). По показателям качества, гидролитической и окислительной порчи жир удовлетворяет требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 и может использоваться на пищевые цели.

При выделении жира из рыбного сырья эффективной является предварительная обработка его ферментным препаратом Alcalase 2,5 L в количестве 0,5% к массе сырья. При этом жира выделяется на 20% больше, чем в отсутствии фермента. Наиболее рациональной является продолжительность ферментативного гидролиза 60 мин, поскольку так достигается высокий выход жира и не существенное образование белково-жировой эмульсии, препятствующей его отделению.

Перспективным направлением использования жира из вторичного сырья скумбрии является изготовление эмульсионного соуса на основе подсолнечного масла. Употребление такого продукта позволяет

обогатить рацион человека биологически важными омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами эйкозапентаеновой, докозагексаеновой, альфа-линоленовой.

## Литература

1. Гладышев М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2012. № 4. С. 352–386.
2. Petrova S. N., Yeshchenko A. R., Mineeva E. M. Fat Content in Perschoolers' // Diet Food Processing: Techniques and Technology. 2019. No. 49. P. 621–628.
3. Rincón-Cervera M. A. et al. Quantification and distribution of Omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species. // Foods. 2020. No 9. P. 233.
4. Inguglia L. et al. Salmo salar fish waste oil: Fatty acids composition and antibacterial activity. // Peer J. 2020. 8: e9299.
5. Calder Ph. C. n-3 PUFA and inflammation: from membrane to nucleus and from bench to bedside. // Proceedings of the Nutrition Society. 2020. No 79. P. 404–416.
6. Мезенова О. Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья. // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 5–10.
7. Babajafari S. et al. Comparison of Enzymatic Hydrolysis and Chemical Methods for Oil Extraction from Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Waste and its Influence on Omega 3 Fatty Acid Profile. // International Journal of Nutrition Science. 2017. No 42 (2). P. 58–65.
8. Aitta E., Marsol-Vall A., Damerau A., Yang B. Enzyme-Assisted Extraction of Fish Oil from Whole Fish and by-Products of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). // Foods. 2021. No 10 (8). 1811.
9. Murage M. W., Muge E. K., Mbatia B. N., Mwaniki M. W. Development and Sensory Evaluation of Omega-3-Rich Nile Perch Fish Oil-Fortified Yogurt. // International Journal of Food Science. 2021. Article ID 8838043. 7 p.
10. Oliveira D. et al. Potential Use of Tuna (*Thunnus albacares*) by-product: Production of Antioxidant Peptides and Recovery of Unsaturated Fatty Acids from Tuna Head. // International Journal of Food Engineering. 2017. 13 (7).
11. Mbatia B. et al. Enzymatic oil extraction and positional analysis of  $\omega$ -3 fatty acids in Nile perch and salmon heads. // Process biochemistry. 2010. No 45 (5). P. 815–819.
12. Ramakrishnan V. V., Ghaly A. E., Brooks M. S., Budge S. M. Extraction of Oil from Mackerel Fish Processing Waste using Alcalase Enzyme. // Enzyme Engineering. 2013. No 2:2.
13. Agafonova S. V., Mezenova O. Y., Volkov V. V., Rykov A. I. Evaluation of the balance of oils from fish by-products. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 689. 2021. 012027.
14. Агафонова С. В., Дамбарович Л. В. Жир из вторичного сырья скумбрии в технологии обогащенных эмульсионных продуктов / Материалы VIII Международного «Балтийского морского форума» (5–10 октября) [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 4. «Пищевая и морская биотехнология» IX Международная научно-практическая конференция. Калининград: Изд-во КГТУ, 2020. С. 113–118.
15. Агафонова С. В., Мезенова О. Я., Дамбарович Л. В. О возможности использования жира из вторичного сырья атлан-

## References

1. Gladichev M. I. Essential Polyunsaturated Fatty Acids and their Dietary Sources for Man. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2012. No 4. P. 352–386. (in Russian)
2. Petrova S. N., Yeshchenko A. R., Mineeva E. M. Fat Content in Perschoolers' Diet. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019. No. 49. P. 621–628.
3. Rincón-Cervera M. A. et al. Quantification and Distribution of Omega-3 Fatty Acids in South Pacific Fish and Shellfish Species. *Foods*. 2020. No 9. P. 233.
4. Inguglia L. et al. Salmo salar fish waste oil: Fatty acids composition and antibacterial activity. *PeerJ*. 2020. 8: e9299.
5. Calder Ph. C. n-3 PUFA and inflammation: from membrane to nucleus and from bench to bedside. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2020. No 79. P. 404–416.
6. Mezenova O. J. Prospects for Producing and Using Proteins from Secondary Fish Raw Materials. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018. No 1. P. 5–10. (in Russian)
7. Babajafari S. et al. Comparison of Enzymatic Hydrolysis and Chemical Methods for Oil Extraction from Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Waste and its Influence on Omega 3 Fatty Acid Profile. *International Journal of Nutrition Science*. 2017. No 42 (2). P. 58–65.
8. Murage M. W., Muge E. K., Mbatia B. N., Mwaniki M. W. Development and Sensory Evaluation of Omega-3-Rich Nile Perch Fish Oil-Fortified Yogurt. *International Journal of Food Science*. 2021. Article ID 8838043. 7 pages.
9. Aitta E., Marsol-Vall A., Damerau A., Yang B. Enzyme-Assisted Extraction of Fish Oil from Whole Fish and by-Products of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). *Foods*. 2021. No 10 (8). 1811.
10. Oliveira D. et al. Potential Use of Tuna (*Thunnus albacares*) by-product: Production of Antioxidant Peptides and Recovery of Unsaturated Fatty Acids from Tuna Head. *International Journal of Food Engineering*. 2017. 13 (7).
11. Mbatia B. et al. Enzymatic oil extraction and positional analysis of  $\omega$ -3 fatty acids in Nile perch and salmon heads. *Process biochemistry*. 2010. No 45 (5). P. 815–819.
12. Ramakrishnan V. V., Ghaly A. E., Brooks M. S., Budge S. M. Extraction of Oil from Mackerel Fish Processing Waste using Alcalase Enzyme. *Enzyme Engineering*. 2013. No 2:2.
13. Agafonova S. V., Mezenova O. Y., Volkov V. V., Rykov A. I. Evaluation of the balance of oils from fish by-products. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 689. 2021. 012027.
14. Dambarovich L. V., Agafonova S. V. Oil from Secondary Raw Materials Mackerel in the Technology of Enriched Emulsion Products. *Materials of the VIII International «Baltic Maritime Forum» (October 5–10) [Electronic resource]: in 6 volumes. Vol. 4. «Food and marine biotechnology» IX International Scientific and Practical Conference. Kaliningrad: Publishing house of «KSTU»*. 2020. P. 113–118. (in Russian)
15. Agafonova S. V., Mezenova O. Ya., Dambarovich L. V. About the possibility of using oil from waste of Atlantic mackerel

тической скумбрии *Scomber scombrus* в качестве источника незаменимых жирных кислот в питании человека / «Пищевые технологии: исследования, инновации, маркетинг»: сборник трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологий. Керчь: Изд-во КГМУ. 2021. С. 16–21.

*Scomber scombrus* as a source of essential fatty acids in human nutrition / «Food technologies: research, innovation, marketing»: proceedings of the I International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology. Kerch. Publishing house: KGMTU. 2021. pp. 16–21. (in Russian)

### Сведения об авторах

#### Дамбарович Леонид Васильевич

Аспирант кафедры пищевой биотехнологии, Калининградский государственный технический университет, 236022, Россия, Калининград, Советский пр., 1, leoneman2010@mail.ru

#### Агафонова Светлана Викторовна

К. т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии, Калининградский государственный технический университет, 236022, Россия, Калининград, Советский пр., 1, svetlana.agafonova@klgtu.ru

### Information about authors

#### Dambarovich Leonid V.

Graduate student of the Food Biotechnology Department of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1, leoneman2010@mail.ru

#### Agafonova Svetlana V.

Ph. D., Associate Professor of the Food Biotechnology Department of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1, svetlana.agafonova@klgtu.ru



Статья доступна по лицензии  
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



## Международная агропромышленная выставка-ярмарка АГРОРУСЬ-2022

**Выставка «АГРОРУСЬ» проводится  
31 августа – 3 сентября 2022 г.  
Ярмарка региональных продуктов «АГРОРУСЬ»  
26 августа – 4 сентября 2022 г.**

**АГРОРУСЬ: Перезагрузка** – агропромышленный конгрессно-выставочный форум, ориентированный на создаваемую отечественную агропищевую индустрию будущего – Foodnet.

Шагая в ногу со временем, выставка АГРОРУСЬ трансформировалась в Проект, отвечающий актуальным трендам развития АПК: цифровизации, экологизации, обеспечению продовольственной безопасности.

Проект АГРОРУСЬ: Перезагрузка направлен на развитие агропромышленной инфраструктуры и обеспечение продовольственной безопасности Северо-Западного федерального округа и расширение межрегионального сотрудничества субъектов Российской Федерации.

**В 2022 году тематический фокус АГРОРУСЬ: Перезагрузка – агропищевая индустрия.**

В повестке Проекта: решение вопросов производства и переработки сельхозпродукции, а также проблематика, связанная с хранением, логистикой и сбытом конечного продукта и дальнейшей утилизацией.

#### ВЫСТАВКА. РАЗДЕЛЫ:

- ✓ Сельскохозяйственная техника
- ✓ Оборудование для АПК
- ✓ Растениеводство сельскохозяйственных культур
- ✓ Средства защиты растений. Агрохимия
- ✓ Животноводство. Корма и комбикорма. Ветеринария
- ✓ Продукты питания
- ✓ Напитки (Кухня регионов «От поля до прилавка»)
- ✓ Услуги для АПК. Научное обеспечение. Управление

<http://agrorus.expoforum.ru/>

#### Организатор выставки-ярмарки:

Министерство сельского хозяйства РФ,  
при официальной поддержке Правительств  
Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

#### Контакты:

Тел./факс: +7 (812) 240-40-40, доб.2235  
E-mail: e.gabuchiya@expoforum.ru,

#### Место проведения:

КВЦ «Экспофорум»  
Петербургское шоссе 64, корпус 1,  
павильоны F, G