

Технология переработки
водных биоресурсов

УДК 664.952/.957

Формирование биохимических показателей качества нового ассортимента фаршей из пищевой рыбной продукции с растительными добавками для функционального питания*О.И. Кутина¹, И.Н. Игонина¹, А.О. Дряхлов²*¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва²Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва

E-mail: standards@vniro.ru

Приведены результаты исследований, внедрение которых позволило расширить ассортимент рыбной продукции, отвечающей принципам здорового питания, основанным на советах Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ). Функциональность новой рыбной продукции приобретает за счёт включения растительных добавок в состав фаршей. Решение оптимизационных задач моделирования рецептур фаршей задаваемого биохимического состава осуществляли, используя метод сопряжённых градиентов. Из полученного массива выбирали данные, характеризующиеся наиболее высокими показателями функции желательности, отражающие нужный показатель, например, степень сбалансированности аминокислот в белках продуктов. Критериальную оценку сбалансированности аминокислотного состава проводили используя аминокислотный состав белка эталона по шкале ФАО/ВОЗ. С целью моделирования наиболее сбалансированной рецептуры разделён процесс её оптимизации на два этапа. Первый — моделирование рецептуры как определение всех возможных вариантов количественного соотношения входящих в неё ингредиентов. Второй — качественная оценка и выбор нескольких наиболее оптимальных её вариантов. Технологии и рецептуры нового ассортимента рыбной продукции защищены патентами, техническими нормативами, прошли апробацию в производственных условиях. Показатели изученного биохимического состава новой продукции позволяют отнести её к продуктам пищевым функциональным согласно требованиям ГОСТ Р 55577–2013. Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.

Ключевые слова: фарши из пищевой рыбной продукции, растительные добавки, моделирование рецептур, биохимические показатели качества, научно обоснованные нормы питания, функциональность продукции.

ВВЕДЕНИЕ

В целях расширения ассортимента рыбной продукции для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возраст-

ными группами здорового населения с учётом рационального использования рыбного сырья и научно обоснованных норм питания разработан ассортимент фаршей из пищевой рыбной

продукции промышленного производства на основе тресковых, лососёвых и пресноводных рыб с различными растительными добавками с заданными потребительскими свойствами.

Разработка продуктов с заданными свойствами («продуктов для здорового питания») является одной из важнейших задач [Распоряжение Правительства, 2017; Указ президента, 2017].

Именно мясо рыб занимает существенное место в обеспечении населения эссенциальными биологически активными веществами, имеющими уникальную химическую природу.

Однако употребление населением России рыбы сильно отстаёт от рекомендуемых ФАО/ВОЗ нормативов из-за дороговизны рыбного сырья, снижения доверия потребителей к отечественной продукции за счёт низкой её конкурентоспособности.

Обогащение рыбного сырья растительными компонентами высокой пищевой ценности было использовано нами при выработке нового ассортимента продукции, способной конкурировать на рыбном рынке благодаря приобретаемым функциональным характеристикам и обогащённым вкусовым достоинствам.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор и подготовку проб для лабораторных исследований рыбной продукции проводили в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 7636-1985. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа (с учетом Изменения № 1 (приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.06.2014 г. № 667-ст «О введении в действие изменения к межгосударственному стандарту»). Принят Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30.05.2014 № 67—11). Государство-разработчик — Россия. Введен в действие на территории Российской Федерации с 01.01.2015.

Показатели энергетической ценности разработанной продукции определяли расчётным методом.

Микробиологические исследования проводили в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-2001 «Гигиенические требования безопасно-

сти и пищевой ценности пищевых продуктов». Для обнаружения микроорганизмов в продуктах применялись следующие среды и методы: выявления и определения количества бактерий вида *Escherichia coli* по ГОСТ 30726-2001. Для определения *Escherichia coli* использовали среду Эндо. Посев исследуемых продуктов проводили на чашках Петри из стандартных разведений 1:10. Выращивание осуществляли при температуре 36 ± 3 °С в течение 24 часов.

Выявление патогенных бактерий, в том числе бактерий рода *Salmonella* -ГОСТ 52814-2007. Продукты пищевые. Для обнаружения бактерий рода *Salmonella* проводили посев проб на специальную среду «висмут-сульфат агар» (Вильсон-Блера). Метод выявления БГКП (колиформы) проводили по ГОСТ 52816-2007.

Выявление и определение бактерий *Listeria monocitogenes* — по ГОСТ Р 51921-2002. Бактерии *L. monocitogenes* определяли посевом на среду Гиса с маннитом. Инкубирование производили в термостате при температуре 36 ± 1 °С 24ч.

Выявление сульфитредуцирующих бактерий рода *Clostridium* — ГОСТ 29185-2014.

Для обнаружения *Staphylococcus aureus* использовали среду Гиса с мальтозой. Выявление и определение количества бактерий — ГОСТ 10444.2-1994.

Обнаружение аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов проводили по ГОСТ 10444.15-1994. Метод основан на высеве продукта или разведении навески продукта в питательной среде, инкубировании посевов при температуре $30 \pm 0,5$ °С и подсчёте всех выросших видимых колоний при увеличении в 5—10 раз. Из каждой пробы делали не менее пяти посевов, различных по объёму, взятых с таким расчётом, чтобы на чашках Петри выросло от 30 до 300 колоний.

Определение содержания токсичных элементов проводили методом атомно-абсорбционной ионизационной спектрофотометрии с пламенной атомизацией на приборе «Квант-2» (Россия).

Определение остаточных количеств пестицидов и полихлорированных бифенилов — методом газожидкостной хроматографии на приборе «Кристаллюкс-4000М» (Россия).

Определение содержания радионуклидов методом гамма-спектрометрии на гамма-бета спектрометре «МКС-АТ1315» (Россия).

Экспериментальные исследования проводились в трёх-пятикратных повторностях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проанализированы данные химического, аминокислотного, жирнокислотного, минерального и витаминного составов наиболее популярных промысловых океанических и пресноводных рыб, идущих на производ-

ство пищевой рыбной продукции, находящиеся в открытом доступе. Изучены также биохимические, структурно-механические и органолептические свойства некоторых растительных компонентов, широко применяемых в производстве пищевой рыбной продукции, например, моркови, лука репчатого, муки пшеничной, отрубей пшеничных или овсяных, топинамбура сушёного, ламинарии сушёной и новых, оригинальных, которыми являются грибы shiitake сушёные (табл. 1).

Таблица 1. Пищевая ценность растительных компонентов

Показатель	Грибы shiitake сушёные	Мука пшеничная высшего сорта	Отруби пшеничные диетические	Топинамбур	Ламинария сушёная	Морковь	Лук репчатый
Общий химический состав (г / 100 г)							
Вода	9,5	14	15	79	0	88	86
Белок	9,6	10,8	16	2,1	79,0	1	1,5
Жир	1	1,3	3,8	0,1	21,0	0,25	0,2
Углеводы	64	70	16,5	12,8	0	7	8,2
Пищевые волокна	11,5	4,4	42,8	22,5	0	3	3
Зола	4,56	0,5	5	1,4	0	1	1
Аминокислотный состав (мг / 1 г белка)							
Валин	51	47	46	–	–	40	21
Изолейцин	43	49	31	–	–	30	29
Лейцин	71	75	58	–	–	40	36
Лизин	35	25	38	–	–	30	43
Треонин	52	30	31	–	–	30	29
Триптофан	13	11	18	–	–	10	14
Фенилаланин+тирозин	85	81	64	–	–	40	50
Метионин+ цистеин	40	37	38	–	–	10	14
Сумма незаменимых аминокислот	380	329	323	–	–	230	236
Сумма заменимых аминокислот	632	610	547	–	–	391	401
Минеральный состав (мг / 100 г)							
K	1534	178	1182	200	970	320	175
Ca	11	24	73	20	40	33	31
Mg	132	44	611	12	170	12	14
P	294	115	1013	78	55	35	58
Al	–	–	–	815	–	–	–
Fe	–	–	–	0,4	16	–	–
I, мкг	–	–	–	–	300	–	–
Na	–	–	–	3	520	–	–

Показатель	Грибы shiitake сушёные	Мука пшеничная высшего сорта	Отруби пшеничные диетические	Топинамбур	Ламинария сушёная	Морковь	Лук репчатый
Мп	—	—	—	—	0,6	—	—
Витаминный состав (мг / 100 г)							
B ₁ (тиамин)	0,3	0,38	0,58	0,07	0,04	0,07	0,05
B ₂ (рибофлавин)	1,27	0,08	0,58	0,06	0,06	0,06	0,02
B	201,7	75	74,4	—	—	8,6	—
B ₅	21,88	0,5	2,18	—	—	0,27	0,1
B ₆	0,97	0,22	1,3	—	0,02	0,14	0,12
B ₉ , мкг	163	35,5	79	—	2,3	0,19	9
РР (ниацин)	14,1	1,13	13,58	1,6	0,4	0,98	0,2
А (ретинол), мкг	—	—	—	2,0	25,0	—	—
С	—	—	—	6	2	—	—
В-каротин	—	—	—	0,012	0,15	—	—
Вит. Е	—	—	—	0,2	—	—	—

Как видно из табл. 1, наибольшей пищевой и биологической ценностью отличаются грибы shiitake сушёные и отруби пшеничные. Содержание белка, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов в них наибольшее. Грибы shiitake — низкокалорийный продукт, в 100 г которого содержится всего 34 ккал. В состав плодовых тел входит большое количество цинка, сложных углеводов и белковых структур. Причём по содержанию аминокислот гриб значительно превосходит фасоль, соевые бобы и кукурузу. В грибах сушёных shiitake наиболее высокое, по сравнению с остальными растительными компонентами, содержание треонина, метионина + цистеина, калия, рибофлавина, холина, пантотеновой кислоты, фолатина и ниацина. В отрубях пшеничных наиболее высокое, по сравнению с остальными растительными компонентами, содержание белка, пищевых волокон, триптофана, кальция, фосфора и тиамин [Платова, 2008].

Топинамбур содержит достаточно большое количество сухих веществ (до 20%), среди которых до 80% составляет полимерный гомолог фруктозы — инулин. Инулин является полисахаридом, гидролиз которого приводит к получению безвредного для диабетиков сахара — фруктозы. Топинамбур содержит клетчатку

и богатый набор минеральных элементов, в том числе (мг% на сухое вещество): железа — 10,1; марганца — 44,0; кальция — 78,8; магния — 31,7; калия — 1382,5; натрия — 17,2. Топинамбур активно аккумулирует кремний из почвы, и в клубнях содержание этого элемента составляет до 8% в расчёте на сухое вещество. По содержанию железа, кремния и цинка он превосходит картофель, морковь и свёклу. В состав клубней топинамбура входят также белки, пектин, аминокислоты, органические и жирные кислоты. Пектиновых веществ в топинамбуре содержится до 11% от массы сухого вещества. По содержанию витаминов В₁, В₂, С топинамбур богаче картофеля, моркови и свёклы более чем в 3 раза. Существенное отличие топинамбура от других овощей проявляется в высоком содержании в его клубнях белка (до 3,2% на сухое вещество), представленного 8 аминокислотами, которые синтезируются только растениями и не синтезируются в организме человека: аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, триптофан, фенилаланин [Скурихин, 1987].

Морская капуста сушёная богата витаминами и минералами, так 100 г сушёной капусты содержат: витамин А — 25,0 мкг, калий —

970,0 мг, кальций — 46 мг, магний — 170 мг, натрий — 520 мг, железо — 16 мг, йод — 300 мкг марганец — 170 мг [Скурихин, 1987].

В целом все представленные растительные компоненты имеют достаточно высокую пищевую ценность и были использованы нами при выработке фаршей из пищевой рыбной продукции для функционального питания [Доронин, 2002].

Оптимизацию проводили путём моделирования составов.

Ниже представлена целевая функция и система ограничений для метода сопряжённых градиентов.

Целевая функция (\mathcal{CF}_1) — стоимость рецептуры

$$\mathcal{CF}_1 = \sum_{i=1}^n (\mathcal{U}_i m_i) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где \mathcal{U}_i , m_i — цена (стоимость) единицы (руб/кг) и масса i -го компонента (кг), входящего в смесь; n — количество компонентов смеси.

При оптимизации аминокислотного состава рецептур в качестве целевой функции использован показатель утилитарности.

Целевая функция (\mathcal{CF}_2) — баланс аминокислотного состава рецептуры

$$\mathcal{CF}_2 = 1 - \frac{C_{\min} \sum_{k=1}^8 A_{ky}}{\sum_{k=1}^8 A_k} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где C_{\min} — минимальный скор незаменимой аминокислоты рецептуры (смеси); A_k — массовая доля k -й незаменимой аминокислоты в рецептуре, мг / 1 г белка; A_{ky} — массовая доля k -й незаменимой аминокислоты в белке-эталоне, мг / 1 г белка.

Целевая функция (\mathcal{CF}_3) — минимальная стоимость при максимальной сбалансированности аминокислотного состава рецептуры

$$\mathcal{CF}_3 = \frac{\sum_{i=1}^8 (\mathcal{U}_i m_i)}{1 - \frac{\sum_{k=1}^8 A_{ky}}{\sum_{k=1}^8 A_k}} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Критериальную оценку сбалансированности аминокислотного состава проводили используя аминокислотный состав белка эталона по шкале ФАО/ВОЗ.

Система ограничений состоит из следующих групп:

— **материальный баланс** по общей массе и составным частям смеси, массовые доли которых в готовом продукте регламентированы соответствующей нормативной технической документацией. Это ограничения типа «равенство»:

а) материальный баланс по общей массе смеси:

$$\sum_{i=1}^n m_i = \frac{m_c D}{1000}, \quad (4)$$

где n — количество компонентов смеси; m_i — масса i -го компонента смеси, г; m_c — масса продукта, г; D — нормативный расход смеси на 1 кг продукта, г.

б) материальный баланс по составным частям:

$$\sum_{i=1}^n m_i x_{ij} = \frac{m_c D}{1000} X_j, \quad (5)$$

где x_{ij} — массовая доля j -й составной части в i -ом компоненте смеси, %; X_j — массовая доля j -й составной части в смеси в готовом продукте, %; P — нормативный расход смеси на 1 кг продукта, кг.

Индивидуальные двусторонние ограничения по каждой переменной.

Каждое из этих ограничений записывается в виде двойного неравенства:

$$m_i \in [m_i^{\min}, m_i^{\max}], \quad (6)$$

где m_i — масса i -го компонента смеси, доли; m_i^{\min} — минимальный объем использования i -го компонента, доли; m_i^{\max} — максимальный объем использования i -го компонента, доли.

Совокупность (4) — (6) образует математическую запись задачи расчёта рецептуры продукта. Решение задачи сводилось к нахождению такого набора неотрицательных значений масс компонентов смеси m_i , чтобы выполнялись условия (4) — (6).

При решении оптимизационной задачи использовали данные аминокислотного состава рецептурных ингредиентов. Из полученного

массива выбирали данные, характеризующиеся наиболее высокими показателями функции желательности, отражающей степень сбалансированности аминокислот в белках продуктов.

Для получения расчётной информации о содержании нутриентов в составе моделируемой рецептуры использовано уравнение материального баланса:

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}, \quad (7)$$

где C_i — массовая доля конкретного макро- или микропитательного вещества в рецептуре; a_{ij} — величина массовой доли i -го нутриента в j -ом ингредиенте (компоненте); x_j — массовая доля j -го компонента в рецептуре.

С целью моделирования наиболее сбалансированной рецептуры разделён процесс её оптимизации на два этапа. Первый — моделирование рецептуры как определение всех возможных вариантов количественного соотношения входящих в неё ингредиентов. Второй — качественная оценка и выбор нескольких наиболее оптимальных её вариантов.

В качестве обобщённого критерия оценки качества моделируемой рецептуры использована функция желательности Харрингтона, которая обеспечивает независимость свойств частных показателей, обладающих различной размерностью и диапазоном варьируемых значений, и при этом позволяет свести в одну формулу относительные комплексные и простые единичные критерии качества:

$$Y = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k \rho_i}, \quad (8)$$

где Y — комплексный критерий качества; ρ_i — частные критерии (функции) качества.

При оптимизации рецептур пищевых продуктов питания целесообразным является применение функции желательности, использующей двухстороннее ограничение:

$$\rho_i = \exp\left(-|y'_i|^{n_i}\right); \quad (9)$$

$$y'_i = \frac{2C_i - (L_{i\max} + L_{i\min})}{L_{i\max} - L_{i\min}}, \quad (10)$$

Таблица 2. Результаты компьютерного моделирования фаршей с растительными добавками на основе трески

Пищевые ингредиенты	Соотношение ингредиентов в фарше, %	Значение функции желательности
Треска: хлеб пшеничный, замоченный в воде (контроль)	60:40	0,7594
	80:20	0,8134
Треска: грибы shiitake сушёные	60:40	0,8524
	80:20	0,9801
Треска: мука пшеничная высшего сорта	60:40	0,8321
	80:20	0,8615
Треска: отруби пшеничные	60:40	0,8488
	80:20	0,8576
Треска: картофель	60:40	0,8552
	80:20	0,9789
Треска: тыква	60:40	0,8164
	80:20	0,8254
Треска: морковь	60:40	0,7675
	80:20	0,8115
Треска: лук репчатый	60:40	0,7698
	80:20	0,8201

где C_i — массовая доля i -го нутриента (пищевого вещества) в исследуемой рецептуре; $L_{i \min}, L_{i \max}$ — границы значений эталона i -го пищевого вещества.

В табл. 2 приведены результаты компьютерного моделирования фаршей с растительными добавками на основе трески.

Результаты компьютерного моделирования указывают, что замена хлеба пшеничного на растительный наполнитель приводит к улучшению сбалансированности аминокислот в белках фаршей. Особенно это выражено для композиций: рыба: грибы, рыба: отруби пшеничные и рыба: картофель. Учитывая общее содержание незаменимых аминокислот в 100 г продукта наиболее целесообразно использование следующих растительных добавок для производства фаршей: грибы сушёные shiitake, отруби пшеничные и мука пшеничная высшего сорта. Целесообразность использования грибов сушёных shiitake, отрубей пшеничных и муки пшеничной высшего сорта подтверждается так же наличием в их составе значительного количества витаминов, макро- и микроэлементов.

ПОСТАНОВКА ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФАРША С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТРЕСКИ

В качестве искомых переменных использовались:

x_1 — количество трески атлантической;
 x_2 — количество грибов shiitake сушёных;
 x_3 — количество муки пшеничной высшего сорта;
 x_4 — количество отрубей пшеничных.

Нами были приняты определённые ограничения по материалам, по весу в долях; по аминокислотам, мг / 1 г белка; по содержанию валина, изолейцина, лейцина, лизина, треонина, триптофана, фенилаланина+тирозина, метионина + цистеина, белка, жира, углеводов.

В результате проведённых расчётов получены 10 вариантов рецептур, удовлетворяющих заданным условиям. Соотношение ингредиентов в полученных вариантах представлено в табл. 3.

Был проведён расчёт степени расхождения содержания незаменимых аминокислот в белке разрабатываемых рецептур и белке-эталоне. Для анализа экспериментальных данных использовались следующие показатели вариации: дисперсия (σ^2), среднеквадратическое отклонение (σ), среднее линейное отклонение (\bar{d}), коэффициент вариации (σ/s), размер вариации (R) и коэффициент осцилляции (Vr). Расчётные значения показателей вариации представлены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, с уменьшением содержания растительных компонентов в рецептуре происходит увеличение среднеквадратического отклонения, которое является мерой рассеива-

Таблица 3. Результаты решения оптимизационной задачи для фарша с растительными добавками на основе трески

№ варианта	Соотношение ингредиентов, доли единицы			
	Треска атлантическая	грибы shiitake сушёные	мука пшеничная высшего сорта	отруби пшеничные
1	0,75	0,1	0,1	0,05
2	0,8	0,1	0,05	0,05
3	0,85	0,05	0,05	0,05
4	0,867	0,07	0,029	0,034
5	0,87	0,06	0,04	0,04
6	0,898	0,036	0,03	0,036
7	0,9	0,03	0,03	0,04
8	0,9	0,07	0,02	0,01
9	0,9	0,04	0,03	0,03
10	0,931	0	0,031	0,038

Таблица 4. Расчётные значения показателей вариации по разнице в содержании незаменимых аминокислот в эталоне и разрабатываемых рецептурах

№ варианта	Σ^2	Σ	\bar{d}	$\Sigma/s, \%$	R	V_T	Значение показателя		
							мин.	средн.	макс.
1	128,1	11,31	9,1	41,6	33,63	1,54	8,61	21,8	42,2
2	167,7	12,94	10,64	44,7	40,33	1,69	8,16	23,8	48,5
3	198,9	14,1	11,15	43,9	45,51	1,79	8,28	25,4	53,8
4	217,0	14,73	11,63	44,5	47,45	1,81	8,47	26,0	55,9
5	213,2	14,6	11,4	42	47,16	1,74	9,54	27,0	56,7
6	239,7	15,48	12,04	44,5	50,7	1,87	8,5	27,0	59,2
7	242,0	15,6	12,15	44,8	51,04	1,88	8,39	27,1	59,4
8	244,1	15,62	12,5	45,9	50,37	1,85	9,14	27,2	59,5
9	240,3	15,5	11,99	44,2	50,7	1,86	8,69	27,1	59,4
10	268,0	16,37	12,76	45,4	54,15	1,92	8,54	28,0	62,7

ния значений случайной величины относительно её математического ожидания (в данном случае, содержание незаменимых аминокислот в эталонном белке). Размах вариации, представляющий собой разность между максимальным и минимальным значениями признака, так же увеличивается.

Наилучший баланс аминокислотного состава наблюдается в вариантах рецептур, содержащих большее количество растительных компонентов. Для всех представленных вариантов рецептур скор незаменимых аминокислот превышает значение 100%, что свидетельствует об их высокой биологической ценности.

Были изучены основные физико-химические показатели контрольных [ГОСТ Р 55505–2013] и разрабатываемых фаршей. Результаты по составу фаршей на основе трески представлены в табл. 5.

Изученный аминокислотный состав белков данных океанических промысловых рыб пока-

зал, что они содержат все незаменимые аминокислоты: валин, изолейцин, лейцин, лизин, треонин, триптофан, фенилаланин+тирозин, метионин+ цистеин. Данные о содержании аминокислот, рекомендуемом суточном потреблении (РСП), а также показатель сора в треске и горбуше представлены в табл. 6.

Исследован аминокислотный состав новых рецептур фаршей. Данные о содержании аминокислот и удовлетворении суточной потребности в незаменимых аминокислотах фаршами на основе трески представлены в табл. 7 и 8.

На основе данных табл. 8 можно сделать следующие выводы:

1) В фаршах по разработанным рецептурам содержание незаменимых аминокислот по сравнению с фаршами, выработанными по действующим документам [ГОСТ Р 55505–2013], выше. При сравнении контрольного и образца № 1 разница составляет по: валину 17,6%; изолейцину 1,5%; лейцину 34,1%;

Таблица 5. Химический состав фаршей с растительными добавками на основе трески

Показатель	Содержание, %			
	контроль	образец № 1	образец № 2	образец № 3
Содержание белка	12,7±0,6	15,8±0,6	15,6±0,4	15,8±0,6
Содержание жира	8,0±1,2	0,74±0,1	0,75±0,1	0,75±0,1
Содержание углеводов	1,7±0,3	2,8±0,4	5,0±0,5	7,0±0,6
Содержание золы	1,0±0,2	1,3±0,2	1,4±0,2	1,5±0,2

Таблица 6. Аминокислотный состав белка мышечной ткани трески и горбуши (мг / 100 г фарша)

Аминокислоты	Треска Атлантическая	РСП, %	Скор, %	Горбуша атланти- ческая	РСП, %	Скор, %
Аргинин	1000±70			1290±90		
Валин*	900±20	47±1,2	160±4,4	1100±65	58±2,0	167±10
Гистидин	450±70			540±69		
Изолейцин*	700±80	47±2,8	184±20	950±78	63±2,7	186±16
Лейцин*	1300±115	39,4±3,8	147±14	1560±115	47±3,9	138±12
Лизин*	1500±140	48±4,1	180±17	1760±133	57±3,9	168±13
Метионин	500±70			580±52		
Треонин*	900±80	56±3,5	162±12	1070±60	67±3,3	192±11
Триптофан*	210±10	52±2,0	159±12	220±22	55±3,2	154±3,9
Фенилаланин	800±90			850±71		
Фенилаланин+тирозин*	1300±120	49±4,7	154±2,6	1590±132	57±3,9	164±14
Аланин	900±80			1310±100		
Аспарагиновая кислота	1600±120			2580±160		
Глицин	650±60			1260±94		
Глутаминовая кислота	2400±180			2900±200		
Пролин	500±30			870±35		
Серин	800±30			910±45		
Тирозин	600±90			740±74		
Цистеин	308±65			160±18		
Метионин+ цистеин*	720±135	46±4,0	161±28	740±70	49±3,7	143±13

* Незаменимые аминокислоты.

Таблица 7. Аминокислотный состав фаршей с растительными добавками на основе трески (мг / 100 г фарша)

Аминокислоты	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Аргинин	800±58	1206±83	1193±78	1180±65
Валин*	707±74	858±64	829±58	802±50
Гистидин	351±59	821±93	793±76	766±80
Изолейцин*	548±72	557±64	537±47	518±59
Лейцин*	1018±48	1545±30	1509±59	1476±41
Лизин*	1175±70	1436±28	1398±30	1360±29
Метионин	391±24	245±25	240±18	434±20
Треонин*	704±63	917±75	904±80	890±82
Триптофан*	166±12	241±40	233±56	226±34
Фенилаланин	631±54	701±65	692±43	679±51
Фенилаланин+тирозин*	1026±50	1393±78	1376±65	1351±58
Аланин	710±38	896±42	886±36	880±24
Аспарагиновая кислота	1254±54	1220±88	1199±78	1189±83
Глицин	513±36	989±36	977±25	961±40
Глутаминовая кислота	1920±111	2774±223	2786±189	2816±144
Пролин	401±41	473±30	470±39	463±20

Аминокислоты	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Серин	629±62	793±81	784±58	777±35
Тирозин	472±38	690±21	679±13	671±25
Цистеин	243±18	189±22	187±28	297±30
Метионин+ цистеин*	621±36	727±46	715±43	732±40
Сумма незаменимых аминокислот	5967±425	7675±361	7504±438	7310±343
Сумма заменимых аминокислот	7028±515	9176±697	9091±620	9036±516

* Незаменимые аминокислоты.

Таблица 8. Данные об удовлетворении суточной потребности в незаменимых аминокислотах*

Аминокислоты	% от суточной потребности			
	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Валин	36,9±4	44,8±3,8	43,3±3,6	41,9±3,2
Изолейцин	36,8±3,5	37,4±3,8	36±6,6	34,8±2,7
Лейцин	30,9±2,8	46,9±0,7	45,8±1,8	44,8±1,2
Лизин	38±3,8	46,4±0,8	45,2±1,2	44±1,2
Треонин	44,2±3,2	57,6±0,1	56,8±3,6	56±3,9
Триптофан	41,7±3,2	60,3±4,5	58,5±3,7	56,7±3,7
Фенилаланин+тирозин	36,3±2,1	49,3±3,3	48,7±2,0	47,8±2,2
Метионин+цистеин	41,4±3,5	48,5±3,2	47,7±3,1	47±1,0

*Рекомендуемая суточная потребность взрослого человека приведена на примере женщины, работника преимущественно умственного труда, с энергозатратами 2000 ккал/сутки, в соответствии с принятыми нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

лизину 18,2%; треонину 23,2%; триптофану 30,9%; фенилаланину+тироzinу 26,3%; метионину+цистеину 14,5%. Сумма незаменимых аминокислот выше на 22,3% по сравнению с контрольным образцом.

2) Разница в содержании незаменимых аминокислот при сравнении контрольного и образца № 2 составляет по: валину 14,7%; изолейцину 2,1%; лейцину 32,6%; лизину 16%; треонину 22,1%; триптофану 28,7%; фенилаланину+тироzinу 25,4%; метионину+цистеину 13%. Сумма незаменимых аминокислот выше на 20,5% по сравнению с контрольным образцом.

3) Разница в содержании незаменимых аминокислот при сравнении контрольного и образца № 3 по: валину 11,9%; изолейцину 54,1%; лейцину 5,8%; лизину 31%; треонину 20,9%; триптофану 26,5%; фенилаланину+тироzinу 24%; метионину+цистеину 11,8%. Сумма не-

заменимых аминокислот выше на 17,3% по сравнению с контрольным образцом.

4) Сравнение показателей контрольного и опытных образцов показало, что все экспериментальные образцы характеризуются повышенной биологической ценностью в результате увеличения содержания минеральных веществ, которое составляет по: I — 27,5%; Ca — 3,8%; K — 31,8%; Mg — 56,3% минерального состава.

Опытные образцы отличаются более высоким содержанием витаминов B₂, B₄, B₉, PP по сравнению с контрольным образцом. Разница в содержании витаминов составляет по: B₂—94,2%; B₄—86,8%; B₉—77,4%; PP — 93,9%.

Сравнены показатели биохимического состава выработанных фаршей с суточной потребностью взрослого человека в пищевых веществах согласно формуле сбалансированного

питания по А.А. Покровскому [1976] и с требованиями ГОСТ Р 55577–2013.

Данные по фаршу на основе трески (обр. № 1) приведены в табл. 9.

Новые качественные характеристики фаршей, полученные благодаря включению в рецептуру небольшого количества грибов shiitake (от 3 до 10%), муки пшеничной (от 3 до 10%) и отрубей пшеничных (от 4 до 5%) позволяют отнести их к продуктам пищевым функциональным согласно требований ГОСТ Р 55577–2013. Информация об отличительных признаках и эффективности по следующим показателям:

— ограниченно калорийные;

— с высоким содержанием белка (более 20% энергетической ценности пищевого продукта обеспечивается белком);

— с низким содержанием жира (продукт содержит менее 3 г жира на 100 г продукта);

— с низким содержанием насыщенного жира (сумма насыщенных жирных кислот в продукте не превышает 1,5 г на 100 г. Не обеспечивает более 10% калорийности);

— источник омега-3 жирных кислот (не менее 0,2 г на 100 г продукта);

— источником витаминов (рибофлавина, фолиевой кислоты, никотиновой кислоты (ниацина) и минералов (кальция, фосфора, магния и йода), т. к. содержание их в продукте состав-

Таблица 9. Общий химический, витаминный и минеральный состав 100 г фарша с растительными добавками на основе трески

Показатели	Фарш на основе трески (образец № 1)	Требования ГОСТ Р 55577-2-013	Фактическое содержание в фарше по сравнению с требуемыми показателями ГОСТ Р 55577-2-013	Суточная норма потребления
Содержание белка	15,8±0,6	Высокое содержание (20% энергетической ценности)	Белок составляет 76% энергетической ценности	60–100 г
Содержание жира	0,74±0,1	Менее 3 г	Менее 3 г	60–100 г
Содержание омега-3 жирных кислот	0,17±0,01	Более 0,2 г	18,9% от нормы потребления в 100 г	Норма от 0,9 до 3,7 г
Пищевые волокна	2,8±0,01	3 г на 100 г продукта	0,93%	25 г
Содержание рибофлавина (витамин В ₂)	9,0±0,05 мг/100 г	15% от суточной нормы потребления	375%	1,3–2,4 мг
Содержание холина (витамина В ₄)	21,0±0,08 мг / 100 г		0.04%	500–1000 мг
Содержание фолиевой кислоты (витамина В ₉)	22,0±0,06	15% от суточной нормы потребления	110%	0,2 мг
Содержание никотиновой кислоты, ниацина (витамина РР)	23,0±0,08	15% от суточной нормы потребления	100%	15–25 мг
Содержание кальция	139,5±0,1 мг / 100г	15% от суточной нормы потребления	17%	800–1000 мг
Содержание фосфора	247,5±0,1	15% от суточной нормы потребления	20%	1200–1500 мг
Содержание магния	56,3±0,06 мг / 100 г	15% от суточной нормы потребления	20%	40–450 мг
Содержание калия	240,4±0,1	15% от суточной нормы потребления	10%	2500–5000 мг
Содержание йода	27,5±0,1	Источник йода	Более 100%	0,1–0,2 мг

ляют более 15% от суточной нормы потребления;

— натуральные.

Аналогичные исследования биохимических составов и их сравнения с суточной потребностью взрослого человека в пищевых веществах согласно формуле сбалансированного питания по А.А. Покровскому [1976] и с требованиями ГОСТ Р 55577–2013 проведены нами со всем выработанным ассортиментом фаршей с растительными добавками: на основе трески или горбуши, функционального продукта на основе рыбного фарша из разных видов рыб, включая пресноводные [Кутина, 2015] с различными добавками: грибы shiitake сушёные, топинамбур сушёный, ламинария сушёная и др. Все продукты соответствуют требованиям ГОСТ Р 55577–2013 по следующим показателям: ограниченно калорийные; с высоким содержанием белка; с низким содержанием жира; с низким содержанием насыщенного жира; источник омега-3 жирных кислот; источник пищевых волокон; источником витаминов (рибофлавина, фолиевой кислоты, никотиновой кислоты (ниацина) и минералов (кальция, фосфора, магния и йода).

Кроме того, вырабатываемые фарши имеют высокие органолептические показатели и конкурентные цены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснован выбор растительных добавок при производстве фаршей из пищевой рыбной продукции для функционального питания. Данные о химическом составе растительных компонентов говорят о целесообразности использования грибов shiitake сушёных, отрубей пшеничных, муки пшеничной высшего сорта, ламинарии сушеной, топинамбура сушеного для получения продуктов повышенной пищевой ценности.

Для оптимизации рецептур применены методы численной оценки биологической ценности фаршей из пищевой рыбной продукции с учётом аминокислотного состава. Рассчитаны комбинации рецептур с использованием математических моделей, обеспечивающие сбалансированность химического состава и повышение биологической ценности.

Проведена оценка биохимического состава нового ассортимента фаршей. Установлено, что новые качественные характеристики фаршей позволяют отнести их к продуктам пищевым функциональным согласно требованиям ГОСТ Р 55577–2013. Информация об отличительных признаках и эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 55505–2013. Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия. М.: Стандарт. 14 с.
- ГОСТ Р 55577–2013. Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. М.: Стандарт. 17 с.
- Доронин А.Ф., Шендеров Б.А. 2002. Функциональное питание. М.: Грант. 296 с.
- Кутина О.И., Могильный М.П., Шленская Т.В., Мираков И.Р., Славянский А.А., Шарова Т.Н. 2017. Функциональный продукт на основе рыбного фарша. Пат. РФ № 2634117. Бюл. № 30.
- Платова Л.Г., Кочеткова А.А. 2008. Применение пищевых волокон в различных группах продуктов // Бизнес пищевых ингредиентов. № 6. С. 18–20.
- Покровский А.А. 1976. Химический состав пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность. 236 с.
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 738-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». Доступно через: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220416. 22.06.2018.
- Скурихин И.М., Волгарев М.Н. 1987. Химический состав пищевых продуктов. М.: Агропромиздат. 224 с.
- Указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года». Доступно через: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220416. 22.06.2018.

Поступила в редакцию 19.06.2017 г.
Принята после рецензии 09.07.2018 г.

Aquatic bioresources
processing technologies

**The formation of biochemical quality parameters of a
new range of stuffings from the fish production with
vegetable additives for functional nutrition**

O.I. Kutina¹, I.N. Igonina¹, A.O. Driakhlov²

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

²Ministry of science and higher education RF, Moscow

The results of studies, the introduction of which allowed to expand the range of fish products that meet the principles of healthy eating, based on the advice of the world Health Organization (who). The functionality of the new fish products is acquired by the inclusion of vegetable additives in the composition of minced meat. The solution of optimization problems of modeling of minced meat formulations of the given biochemical composition was carried out using the method of conjugate gradients. From the resulting array we chose data characterized by the highest indicators of the desirability function, reflecting the desired indicator, for example, the degree of balance of amino acids in proteins of products. Criteria for the balance of amino acid composition were assessed using the amino acid composition of the protein standard on a scale of FAO / who. In order to simulate the most balanced formulation, the process of its optimization is divided into two stages. The first is the modeling of the formulation as a definition of all possible options for the quantitative ratio of the ingredients included in it. The second is a qualitative assessment and the choice of several of its most optimal options. Technologies and recipes of the new range of fish products are protected by patents, technical standards, have been tested in production conditions. Indicators of the studied biochemical composition of new products can be attributed to its functional food products according to the requirements of GOST R55577–2013. Food functional. Information about the distinctive features and effectiveness.

Keywords: beef of food fish products, herbal supplements, modeling formulations, biochemical indicators of quality, science-based nutritional standards, the functionality of the product.

REFERENCES

- GOST R55505–2013. Farsh rybnyy pishchevoy morozhenyy. Tekhnicheskiye usloviya. [Minced fish frozen food. Specifications]. M.: Standart. 14 s.
- GOST R55577–2013. Produkty pishchevykh funktsionalnykh. Informatsiya ob otlichitelnykh priznakakh i effektivnosti [Food functional. Information about the distinctive characteristics and efficiency]. M.: Standart. 17 s.
- Doronin A.F., Shenderov B.A. 2002. Funktsionalnoye pitaniye [Functional foods]. M.: Grant. 296 s.
- Kutina O.I., Mogilnyy M.P., Shlenskaya T.V., Mirakov I.R., Slavyanskiy A.A., Sharova T.N. 2017. Funktsionalnyy produkt na osnove rybnogo farsha [Functional product based on minced fish]. Pat. RF № 2634117. Byul. № 30.
- Platova L.G., Kochetkova A.A. 2008. Primeneniye pishchevykh volokon v razlichnykh gruppakh produktov [The use of dietary fiber in various food groups] // Biznes pishchevykh ingrediyyentov. № 6. S. 18–20.
- Pokrovskiy A.A. 1976. Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov [The chemical composition of food products]. M.: Pishchevaya promyshlennost. 236 s.
- Rasporyazheniye pravitelstva RF ot 19 aprelya 2017 g. № 738-r po realizatsii Strategii povysheniya kachestva pishchevoy produkttsii v Rossiyskoy Federatsii do 2030

- goda [The decree of the RF government dated 19 April 2017 No. 738-R to implement the Strategy of improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030]. Accessible via: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220416 22.06.2018.
- Skurikhin I.M., Volgarev M.N.* 1987. Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov [The chemical composition of food products]. M.: Agropromizdat. 224 s.
- Ukaz Prezidenta RF* ot 13 maya 2017 g. № 208 «O Strategii ehkonomicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda» [Strategy improve the quality of food products in the Russian Federation until 2030]. Accessible via: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220416. 22.06.2018.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** Nutritional value of plant components
- Table 2.** Results of computer simulation of minced meat with cod-based vegetable additives
- Table 3.** The results of solving the optimization problem for minced meat with cod-based vegetable additives
- Table 4.** Calculated values of variation indices by the difference in the content of essential amino acids in the standard and developed formulations
- Table 5.** The chemical composition of minced meat with vegetable additives based on cod
- Table 6.** Amino acid composition of cod and pink salmon muscle protein (mg / 100 g minced meat)
- Table 7.** Amino acid composition of minced meat with vegetable additives based on cod (mg / 100 g of minced meat)
- Table 8.** Data on the satisfaction of the daily requirement for essential amino acids*
- Table 9.** Total chemical, vitamin and mineral composition 100 g of minced meat with vegetable additives based on cod (g)