

М. Е. Цибизова, А. В. Золотокопов

## ОПТИМИЗАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ РЫБОРАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Исследовалась возможность повышения пищевой ценности рыборастительных продуктов питания за счет использования нетрадиционного рыбного и растительного сырья и оптимизации их микроэлементного состава. С целью эффективного моделирования рецептур рассмотрен микроэлементный состав ряда рыб и растений, наиболее широко используемых в рецептурных композициях поликомпонентных пищевых продуктов, и физиологические потребности человека (различных возрастных групп) в минеральных веществах. Выбор компонентов, наиболее соответствующих требованиям моделирования, осуществлялся по базе данных, состоящей более чем из 100 компонентов. В качестве критерия моделирования был выбран комплексный обобщенный критерий оптимальности, учитывающий сложность одновременного учета параметров всех факторов, входящих в модель рецептуры – мультипликативную квалитетрическую модель. На основе комплексного критерия оптимальности, который зависит от физиологической потребности организма в микроэлементах, разработана система требований, предъявляемых к микроэлементному составу готового продукта. Оптимизация микроэлементного состава осуществлялась моделированием рецептурной смеси фаршей 7 видов рыб: прудовые (толстолобик (*Hypophthalmichthys*), белый амур (*Stenopharyngodon idella*), карп (*Cyprinus carpio*)), пресноводные (судак (*Sander*), щука (*Esox lucius*)), морские (треска (*Gadus morhua*), минтай (*Theragra chalcogramma*)) и добавлением растительных компонентов (морковь, лук, топинамбур, свекла, перец сладкий, рис, крупа кукурузная, нут). В результате моделирования получены 3 рецептуры рыборастительных паштетов, наиболее полно отвечающие заданным требованиям по оптимизации микроэлементного состава поликомпонентных рыборастительных продуктов питания в соответствии с физиологическими потребностями человека. Наиболее сбалансированной по микроэлементному составу оказалась рецептура, в состав которой вошли фарши толстолобика, трески, судака и такие растительные компоненты, как морковь, лук, рис, кукурузная крупа. Чтобы получить сбалансированный по микроэлементному составу пищевой продукт, по результатам исследования рекомендовано комбинировать фарши пресноводных и морских видов рыб, а также использовать нут и кукурузную крупу, в которых содержится селен, необходимый для нормального функционирования иммунной системы.

**Ключевые слова:** микроэлементный состав, морские рыбы, пресноводные рыбы, овощи, бобовые, крупы, рыборастительные паштеты, поликомпонентные продукты питания, физиологические потребности, оптимизация, математическое моделирование.

### Введение

Одной из важных характеристик пищевой ценности продуктов питания является содержание в них белков, липидов, витаминов и отдельных наиболее важных эссенциальных минеральных веществ (фосфора, кальция, калия, йода, селена, марганца, кобальта и т. д.). Эссенциальные микронутриенты относятся к незаменимым пищевым веществам, которые в организме человека не синтезируются и не депонируются. Они должны поступать с пищей в количествах, соответствующих физиологическим потребностям человека. Интенсивно влияя на рост, развитие, кроветворение, сердечно-сосудистую, пищеварительную и нервную системы, функцию гормонов и активность ферментов, минеральные вещества оказывают положительное действие на различные стороны обмена веществ, что в конечном счете способствует повышению общей резистентности организма и улучшению состояния здоровья человека.

Недостаточное поступление с пищевыми продуктами эссенциальных минеральных веществ является проблемой питания не только взрослого населения, но и школьников. Ученые рассматривают организацию правильного питания школьников в качестве здоровьесберегающих технологий. Потребности школьников в питании многообразны и, безусловно, зависят от интенсивности их ро-

ста и развития, от физических и умственных нагрузок. Особенно недостаточно в пищевом рационе школьников содержание таких макро- и микроэлементов, как кальций и фосфор, железо и магний.

В последнее время, для восполнения в организме содержания недостающих микроэлементов, используются различные добавки неорганических форм солей минеральных веществ, но они плохо усваиваются организмом и не являются биологически полноценными. В этом отношении очень перспективны поликомпонентные рыборастительные фаршевые кулинарные изделия, изготовленные из малоценного или нетрадиционного сырья.

Безусловно, количество микроэлементов в рыбном сырье зависит от условий обитания и выращивания рыб, в частности от состава и концентрации минеральных солей в окружающей их воде [1]. Содержание минеральных элементов в мясе морских и океанических рыб больше, чем в мясе пресноводных. У прудовых рыб этот показатель зависит от условий выращивания и состава кормов. Данные по содержанию микроэлементов в мясе различных видов рыб [2] приведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 позволяет утверждать, что минеральный состав мышечной ткани рыб разнообразен, но концентрации этих веществ различны. Так, в организме пресноводных и прудовых видов рыб количество йода и фтора меньше, чем в организме морских. Марганец, кобальт, цинк, фтор и молибден присутствуют в хорошо сбалансированном соотношении, причем содержание этих элементов в морских и океанических видах рыб выше, чем в организме пресноводных и прудовых. С учетом этого мы рекомендуем комбинировать фарши разных видов рыб, чтобы получить пищевой продукт, сбалансированный по микроэлементному составу. Следует отметить, что в мясе прудовых рыб содержание микроэлементов зависит от условий содержания и кормов. Соли кальция и фосфора находятся в соотношении, которое обеспечивает их наибольшую усвояемость.

Таблица 1

## Содержание микроэлементов в рыбном сырье, мкг %

Сырье	Железо	Йод	Кобальт	Марганец	Мель	Никель	Хром	Цинк	Молибден	Фтор
Морские рыбы										
Анчоус атлантический ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	2 600	50	20	80	110	6	55	1 350	4	430
Килька каспийская ( <i>Clupeonella caspia</i> )	1 400	50	30	120	240	8	55	1 350	4	430
Мойва ( <i>Mallotus villosus</i> )	400	50	8	50	210	6	55	1 080	4	430
Сардина ( <i>Sardina pilchardus</i> )	2 450	35	30	50	185	8	55	800	4	430
Сельдь атлантическая ( <i>Clupea harengus</i> )	1 000	40	40	120	170	8	55	900	4	380
Треска ( <i>Gadus morhua</i> )	650	135	30	80	150	9	55	1 020	4	700
Тунец ( <i>Euthynnus lineatus</i> )	2 000	50	40	130	100	6	90	700	4	1 000
Минтай ( <i>Theragra chalcogramma</i> )	800	150	15	100	130	7	55	1 120	4	700
Окунь морской ( <i>Sebastes</i> )	1 200	60	30	100	120	6	55	1 500	4	140
Хек серебристый ( <i>Merluccius</i> )	700	160	20	120	135	7	55	900	4	700
Ледяная рыба ( <i>Champscephalus gunnari</i> )	500	50	20	90	140	6	45	700	4	430
Пресноводные										
Сом ( <i>Silurus glanis</i> )	1 000	5	20	60	60	6	55	450	4	25
Судак ( <i>Sander</i> )	500	5	20	50	110	6	55	700	4	30
Щука ( <i>Esox lucius</i> )	1 700	5	20	50	110	6	55	1 000	4	25
Прудовые										
Карп ( <i>Cyprinus carpio</i> )	800	5	35	150	120	7	55	2 080	4	25
Толстолобик ( <i>Hypophthalmichthys</i> )	1 100	5	25	120	150	7	55	1 800	4	35
Белый амур ( <i>Stenopharyngodon idella</i> )	900	5	40	110	140	7	55	1 500	4	35

В растениях также содержатся различные минеральные элементы, и при грамотном сочетании ингредиентов в поликомпонентных продуктах питания можно полностью удовлетворить физиологическую потребность человека в микроэлементах.

Среднее количество минеральных элементов в растительном сырье, широко используемом в рецептурных композициях поликомпонентных пищевых продуктов, приведено в табл. 2.

Таблица 2

## Содержание микроэлементов в растительном сырье, мкг на 100 г продукта

Сырье	Алюминий	Бор	Железо	Йод	Кобальт	Марганец	Медь	Молибден	Никель	Селен	Фтор	Хром	Цинк
Овощи													
Баклажан	815	100	400	2	1	210	135	10	–	–	14	–	290
Капуста	570	200	600	3	3	170	75	10	15	–	10	5	400
Картофель	860	115	900	5	5	170	140	8	5	–	30	10	360
Морковь	323	200	700	5	2	200	80	20	6	–	55	3	400
Свекла	–	280	1 400	7	2	600	140	10	14	–	20	20	425
Лук	400	200	700	5	2	230	85	–	3	–	31	2	850
Перец сладкий	–	–	600	3	3	160	100	–	–	–	7	6	440
Томаты	–	115	900	2	6	140	110	7	14	–	20	5	200
Топинамбур	815	100	400	2	1	210	135	10	–	–	14	–	290
Бобовые													
Фасоль	640	490	5 940	12	18	1 340	580	39	173	25	44	10	3 210
Горох	1 180	670	6 800	5,1	12	1 750	750	84	246	13	30	9	3 180
Нут	–	540	2 600	3,4	9,5	2 140	660	60	206	28	–	–	2 860
Чечевица	170	610	11 770	3,5	11	1 190	660	78	161	20	25	11	2 420
Чина	–	840	8 340	3,4	18	1 720	590	67	198	27	–	–	3 110
Крупы													
Манная	570	63	960	–	25	440	70	11	11	–	20	1	590
Рисовая	–	120	1 020	1,4	1	1 250	250	3	2	–	50	0,7	1 420
Кукурузная	440	270	3 700	5,2	5,3	1 090	290	28	84	30	64	8	1 730
Овсяная	700	–	3 920	4,5	6,7	5 050	500	39	48	–	84	–	2 680
Гречневая	–	–	6 650	3,3	3,1	1 560	640	34	10	–	23	4	2 050

По сравнению с крупами и овощами, в бобовых (нуте, горохе, фасоли, чечевице, чине) содержится наибольшее количество железа, кобальта, меди, цинка, молибдена и марганца, фтора больше всего в моркови и кукурузе, хрома – в свекле, картофеле, чечевице, наибольшее количество йода – в чесноке, свекле, фасоли (в морских видах рыб его на порядок больше). Селен содержится в кукурузной крупе и бобовых [2].

Производство поликомпонентных рыбо-растительных продуктов питания возможно лишь при условии наиболее полной сбалансированности ингредиентов по химическому составу (содержанию аминокислот, жирных кислот, витаминов, минеральных веществ), совместимости продуктов и сочетания их функционально-технологических свойств. Данные о физиологических потребностях различных возрастных групп приведены в табл. 3.

Таблица 3

## Физиологические потребности человека в минеральных веществах [3]

Элемент	Взрослое население	Подростки от 14 до 18 лет	Верхний допустимый уровень
Железо, мг/сут	10–18	4–18	–
Цинк, мг/сут	12	3–12	25
Йод, мкг/сут	150	60–150	600
Медь, мг/сут	1,0	0,5–1,0	5,0
Марганец, мг/сут	2,0	–	5,0
Селен, мкг/сут	55–70	10–50	300
Хром, мкг/сут	50	11–35	–
Молибден, мкг/сут	70	–	600
Фтор, мг/сут	4,0	1,0–4,0	10
Кобальт, мкг/сут	10	–	–

**Целью исследования**, с учетом вышеизложенного, являлось изучение возможности повышения пищевой ценности рыбопродуктов питания за счет использования нетрадиционного рыбного и растительного сырья и оптимизации их состава.

### Материалы и методы исследования

В качестве сырья для разработки рецептур и технологий новых видов фаршевых рыбопродуктов использовались растительные ингредиенты и рыбный фарш из промысловых пресноводных рыб, объектов промысловой аквакультуры и морских рыб; паштеты из объектов исследования. Получение модельных образцов паштетов проводилось по традиционной технологии. Основные показатели качества исходных продуктов и готовых изделий определяли по ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа (<http://docs.cntd.ru/document/1200022224>).

Оптимизация микроэлементного состава готового продукта осуществлялась путем моделирования рецептурной смеси фаршей различных видов рыб и добавлением растительных компонентов.

### Результаты исследования

Основная задача моделирования сводилась к отысканию некоторой области  $G$  в  $n$ -мерном пространстве, отвечающей заданным требованиям к составу микроэлементов в рецептурной смеси, где  $n$  – количество варьируемых факторов – рецептурных ингредиентов [4]. В качестве факторного пространства выступает линейная форма, отвечающая уравнению

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n C_i x_k = 1, \quad (1)$$

где  $x_k$  – массовая доля  $k$ -го ингредиента в рецептуре;  $C_i$  – массовая доля  $i$ -го компонента в  $x_k$  ингредиенте, %.

Моделирование заключалось в отыскании экстремума-максимума критерия моделирования при варьировании рецептурных ингредиентов с соблюдением условия (1). В качестве критерия моделирования был выбран комплексный обобщенный критерий, учитывающий сложность одновременного учета параметров всех факторов, входящих в модель рецептуры – мультипликативную квалиметрическую модель:

$$D_{\text{общ}} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i},$$

где  $D$  – обобщенный критерий моделирования,  $D \in [0,1]$ ;  $d_i$  – частные критерии по каждому из  $i$ -х факторов.

Частный критерий  $d_i$  – относительный коэффициент, принимающий значения от 0 до 1 в зависимости от значения фактора – массовой доли компонента, входящего в рецептуру. Для нахождения частного критерия используется функция желательности Харрингтона. Фактор моделирования преобразуется в безразмерную величину, которая выступает показателем соответствия его значения эталону. Значения функции Харрингтона группируются в шкалы желательности: очень плохо –  $d \in [0...0,2]$ , плохо –  $d \in [0,2...0,37]$ , удовлетворительно –  $d \in [0,37...0,63]$ , хорошо –  $d \in [0,63...0,8]$ , отлично –  $d \in [0,8...1]$ .

Преимущество функции желательности Харрингтона заключается в ее безразмерности, что позволяет осуществлять моделирование с использованием факторов различной размерности и различного диапазона значений, гибкости программирования функции с учетом разброса величины фактора.

На основе комплексного критерия оптимальности, который зависит от физиологической потребности организма в микроэлементах, разрабатывается система требований, предъявляемых к микроэлементному составу готового продукта (табл. 4).

Таблица 4

## Система требований к микроэлементному составу

Микроэлемент	Эталонное значение, мг/100 г продукта		Значение функции желательности на границе диапазона эталонного значения	Вид функции желательности
	min	max		
Цинк	1,2	2,5	0,9	Двухсторонняя
Медь	0,1	0,5	0,9	Двухсторонняя
Фтор	0,4	1,0	0,9	Двухсторонняя
Железо	1,0	2,5	0,9	Двухсторонняя
Марганец	0,2	0,5	0,9	Двухсторонняя
Хром	0,005	0,03	0,9	Двухсторонняя
Молибден	0,007	0,06	0,9	Двухсторонняя
Кобальт	0,001	0,01	0,9	Двухсторонняя
Йод	0,015	0,06	0,9	Двухсторонняя
Селен	0,005	0,03	0,9	Двухсторонняя

При моделировании рецептов использовались 7 видов рыб: прудовые (толстолобик (*Hypophthalmichthys*), белый амур (*Ctenopharyngodon idella*), карп (*Cyprinus carpio*)), пресноводные (судак (*Sander*), щука (*Esox lucius*)), морские (треска (*Gadus morhua*), минтай (*Theragra chalcogramma*)) и база данных, состоящая более чем из 100 компонентов, из которых выбирались наиболее соответствующие требованиям моделирования. В результате были получены 3 рецептуры, наиболее полно отвечающие заданным требованиям по оптимизации микроэлементного состава поликомпонентных рыбопродуктов питания в соответствии с физиологическими потребностями человека. Состав рецептурных композиций приведен в табл. 5.

Таблица 5

## Рецептуры рыбопродуктивных паштетов

Ингредиент	Массовая доля, % в рецептуре		
	№ 1	№ 2	№ 3
Толстолобик	–	–	35,0
Белый амур	–	15,3	–
Карп	20,0	–	–
Треска	25,4	–	15,1
Минтай	–	21,5	–
Судак	12,5	–	14,3
Щука	–	25,3	–
Морковь	17,9	10,3	9,6
Лук	–	5,4	7,2
Топинамбур	14,0	–	–
Свекла	–	10,2	–
Перец сладкий	–	5,2	–
Рис	10,2	–	8,7
Кукурузная крупа	–	–	10,1
Нуг	–	6,8	–
<i>Итого</i>	100	100	100

Микроэлементный состав смоделированных рецептов рыбопродуктивных паштетов представлен в табл. 6.

Таблица 6

## Микроэлементный состав рыбопродуктивных паштетов

Микроэлемент	Рецептурные композиции, мкг %		
	№ 1	№ 2	№ 3
Цинк	1 009,6	1 006,7	1 418,3
Медь	135,0	157,2	140,85
Фтор	200,0	173,1	133,62
Железо	667,0	1 186,9	1 222,9
Марганец	219,4	307,4	412,6
Хром	32,0	34,8	35,7
Молибден	7,6	9,78	12,03
Кобальт	17,5	11,4	10,99
Йод	36,9	36,1	23,87
Селен	–	0,01	0,85

Согласно данным табл. 4 и 6, наиболее сбалансированной по микроэлементному составу является рецептура № 3, которая в наибольшей степени соответствует физиологическим потребностям взрослого населения.

### Заключение

В ходе исследования была достигнута его цель – показана возможность повышения пищевой ценности рыбопродуктов питания за счет использования нетрадиционного рыбного и растительного сырья и оптимизации их состава, осуществляемой методом моделирования рецептур. Предложенный метод моделирования позволяет разрабатывать рецептуры продуктов питания, удовлетворяющих физиологические потребности человека в минеральных элементах.

Наиболее сбалансированной по микроэлементному составу оказалась рецептура, в состав которой вошли фарши толстолобика, трески, судака и такие растительные компоненты, как морковь, лук, рис, кукурузная крупа. Чтобы получить сбалансированный по микроэлементному составу пищевой продукт, по результатам исследования рекомендовано комбинировать фарши пресноводных и морских видов рыб, а также использовать нут и кукурузную крупу, в которых содержится селен, необходимый для нормального функционирования иммунной системы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касьянов Г. И., Иванова Е. Е., Одинцов А. Б., Студенцова Н. А., Шалак М. В. Технология переработки рыбы и морепродуктов: учеб. пособие. Ростов н/Д: МарТ, 2001. 416 с.
2. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И. М. Скурихина и М. Н. Волгарева. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.
3. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. URL: [http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=4583](http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4583).
4. Золотокопова С. В., Проталинский О. М., Лучишева И. С., Беляев И. О. Моделирование рецептур поликомпонентных рыбоовощных продуктов с использованием системы поддержания принятия решений // Изв. вузов. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 113–114.

Статья поступила в редакцию 1.08.2017

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Цибизова Мария Евгеньевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, доцент; профессор кафедры технологии товаров и товароведения; m.e.zibizova@mail.ru.

**Золотокопов Андрей Владимирович** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры технологии товаров и товароведения; zolotokopova@mail.ru.



*M. E. Tsibizova, A. V. Zolotokopov*

### OPTIMIZATION OF MICROELEMENT COMPOSITION OF POLYCOMPONENT FISH AND VEGETABLE PRODUCTS

**Abstract.** The article analyzes the possibility of increasing food value of fish and vegetable products due to application of non-traditional fish and vegetable raw material and optimization of its microelement composition. For the purpose of efficient modelling formulations there has been considered microelement composition of a number of fish species and vegetables widely used in formulation compositions of polycomponent food products, as well as human need (different age groups) in minerals. Choosing components, that best meet the requirements of modelling, was car-

ried out using the data base comprising over 100 components. As a modelling criterion there was taken a complex generalized criterion of optimality, which accommodated simultaneous accounting parameters of all factors making the formulation model – a multiplicative qualimetric model. A system of requirements for microelement composition of a finished product has been developed using a complex optimality criterion, which depends on a physiological need of the organism in microelements. Optimization of microelement composition was carried out by modeling the formulation of a mixture of minced meat of 7 fish species: pondfish (silvercarp (*Hypophthalmichthys*), grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), carp (*Cyprinus carpio*)), freshwater fish (pike perch (*Sander*), pike (*Esox lucius*)), sea fish (cod (*Gadus morhua*), Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*)) and the addition of vegetable components (carrot, onions, girasol, beetroot, sweet pepper, rice, maze grits, chick-pea). As a result of modelling, there were prepared three receipts of fish and vegetable pâtés most corresponding to the prescribed requirements of optimizing microelement composition of polycomponent fish and vegetable products complying with the human needs. Most balanced microelement composition was registered in the formulation including minced meat of silver carp, cod, pike-perch and vegetable components, such as carrot, onions, rice and maze grits. To obtain a balanced food product it is recommended to combine minced meat of fresh water and sea fish, as well as to use chickpea and maze grits containing selenium that is necessary for the normal functioning of immune system.

**Key words:** microelement composition, sea fish, freshwater fish, vegetables, legumes, cereals, fish and vegetative pâtés, multicomponent food products, physiological needs, optimization, mathematical modelling.

#### REFERENCES

1. Kas'ianov G. I., Ivanova E. E., Odintsov A. B., Studentsova N. A., Shalak M. V. *Tekhnologiia pererabotki ryby i moreproduktov* [Technology of processing fish and sea products]. Rostov-on-Don, MarT Publ., 2001. 416 p.
2. *Khimicheskii sostav pishchevykh produktov. Kn. 2: Spravochnye tablitsy sodержaniia aminokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov* [Chemical composition of food products. Vol. 2: Reference tables for composition of aminoacids, fatty acids, vitamins, macro-and microelements, organic acids and carbohydrates]. Pod redaktsiei I. M. Skurikhina i M. N. Volgareva. Moscow, Agropromizdat, 1987. 360 p.
3. MR 2.3.1.2432-08. *Normy fiziologicheskikh potrebnostei v energii i pishchevykh veshchestvakh dlia razlichnykh grupp naseleniia Rossiiskoi Federatsii. Metodicheskie rekomendatsii* [MR 2.3.1.2432-08. Norms of physiological needs in energy and nutrient substances for different groups of population of the Russian Federation. Guidelines]. Available at: [http://rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=4583](http://rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4583).
4. Zolotokopova S. V., Protalinskii O. M., Luchsheva I. S., Beliaev I. O. Modelirovanie retseptur polikomponentnykh ryboovoshchnykh produktov s ispol'zovaniem sistemy podderzhaniia priniatiia reshenii [Modeling of recipes for polycomponent fish-vegetable products by using a decision support system]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiia*, 2011, no. 1(319), pp. 113-114.

The article submitted to the editors 1.08.2017

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Tsibizova Maria Evgenievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Technology of Goods and Commodities; m.e.zibizova@mail.ru.

**Zolotokopov Andrey Vladimirovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Technology of Goods and Commodities; zolotokopova@mail.ru.

