

---

---

# ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

---

---

УДК 664.95 : 582.272.46

**Е.А. Ковалева<sup>1</sup>, Д.А. Родионов<sup>1</sup>, Т.Г. Сахарова<sup>2</sup>, О.В. Сахарова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт технологии и бизнеса, 692900, г. Находка, ул. Дальняя, 14

<sup>2</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## НОВЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ САХАРИНЫ ЯПОНСКОЙ

*Представлена разработка технологии полуфабриката из сахарины японской для кулинарной продукции на основе использования щадящих режимов температурной обработки с применением процесса деминерализации пищевыми кислотами исходного продукта.*

**Ключевые слова:** сахарина японская, деминерализация, пищевые кислоты, первичная обработка.

**E.A. Kovaleva, D.A. Rodionov, T.G. Saharova, O.V. Saharova**  
**A NEW APPROACH TO CREATING CULINARY PRODUCTS**  
**FROM SACCHARINA JAPONICA**

*Development of technology of semi-finished product of presented saccharina japonica for culinary products through the use of gentle temperature processing modes using the foods acids demineralization of the original product.*

**Keywords:** saccharina japonica, demineralization, foods acids, primary processing.

Для приготовления пищевой продукции из водорослей в России используют семейство ламинариевых (*Laminariaceae*) – сахарину японскую, или сахаристую – сырец, воздушно-сушеную, мороженую или соленую.

Отварная водоросль является полуфабрикатом для производства широкого ассортимента кулинарных изделий. Ткани водоросли представляют собой капиллярно-пористые тела, которые в процессе первичной обработки подвергаются водному экстрагированию, сопровождающемуся диффузионными, осмотическими процессами, и массопереносу. Термическая обработка приводит к снижению жесткости тканей, в экстракт переходят водорастворимые соли и органические вещества, потери которых нежелательны, так как они обладают ценными физиологическими свойствами. Учитывая вышесказанное, необходимо применять щадящие режимы к обработке водоросли.

Целью работы являлось исследование процесса химической модификации альгинатов в структуре сахарины японской и обоснование технологических режимов ее обработки. Объектом была выбрана сахарина японская (*Saccharina japonica*), добываемая в прибрежной зоне дальневосточных морей, воздушно-сушеная, мороженая и соленая. Органолептические свойства и химический состав сырья и готовой продукции определяли по стандартным методикам. Относительную биологическую ценность (ОБЦ) готового продукта – импедиметрическим методом.

Альгиновая кислота, которая является основным структурным элементом бурых водорослей, содержит карбоксильную группу, способную образовывать в клеточной оболочке

межмолекулярные связи через ионы двухвалентных металлов, меняющие консистенцию водоросли. Из литературных данных известно, что микро- и макроэлементы связаны с альгиновой кислотой водоросли в прочные комплексы – альгинаты, чем выше ее содержание в сырье, тем больше минеральных веществ [5, 6]. Модификация структуры альгинатов в тканях водоросли происходит в кислой среде за счет отщепления в основном катионов кальция [1, 4].

После водной экстракции в тканях сахарины остается преимущественно альгинат кальция, нерастворимый в воде [1, 7, 8]. Известно, что в кислой среде происходит отщепление катионов кальция, структурно связанных с альгиновой кислотой, вследствие ионообменных реакций [1, 7, 8]. По степени извлечения катионов кальция и их остаточному содержанию в тканях водоросли учеными ФГУП «ТИНРО-Центр» была экспериментально подобрана концентрация уксусной кислоты, которая позволила перевести альгинаты сахарины японской в альгиновую кислоту в тканях водоросли без нарушения тканевого слоя [4]. Исследования ученых показали, что повышение температуры и pH (концентрации раствора уксусной кислоты) сокращает продолжительность процесса извлечения катионов кальция из сахарины в два раза [1, 4]. Практически полное отщепление катиона кальция от альгиновой кислоты достигается путем обработки водоросли в трехпроцентном растворе уксусной кислоты (pH 2) при температуре 50 °С в течение 1 ч [1, 4].

Водоросли при первичной обработке (дефростации, отмачивании, замачивании) содержат большое количество слизи, которая является хорошей средой для развития микроорганизмов, что приводит в дальнейшем к порче продукта. Процесс деминерализации разрушает углеводные вещества, входящие в состав слизи и помогает от нее избавиться [6].

Учеными ФГУП «ТИНРО-Центр» было установлено влияние уксусной кислоты на консистенцию водоросли без учета начального содержания альгиновой кислоты и условий первичной обработки водоросли [3]. Ученые ФГУП «ВНИРО» разбивают процесс предварительной обработки бурых водорослей на водную экстракцию раствором лимонной кислоты при температуре 18-20 °С в течение 6-12 ч и дальнейшей деминерализации трехпроцентным раствором соляной кислоты при температуре 20 °С в течение 2 часов, что приводит к модификации структуры и свойств альгиновой кислоты в тканях водоросли [3, 5, 9].

В своей работе процесс деминерализации водоросли проводили 3%-ми растворами пищевых кислот (лимонной, уксусной, молочной и аскорбиновой). Выбор кислот основан на их свойствах. Они обладают антиокислительным действием и улучшают вкус готового продукта, также лимонная, молочная и аскорбиновая кислоты являются синергистами антиокислителей, аскорбиновая кислота повышает пищевую ценность готового продукта. Использование выбранной концентрации обосновано тем, что при снижении кислотности antimicrobial эффект становится максимальным. Проведенные нами исследования показали, что наибольшим изменениям массы в сторону увеличения обладают образцы, обработанные уксусной и аскорбиновой кислотами, уплотняется структура тканей за счет повышения водосвязывающей способности альгинатов, увеличивается содержание минеральных веществ в 1,5-2 раза, а альгиновой кислоты – в 1,5 раза (рис. 1, 2, 3).

Данные, приведенные на рис. 1-3 показывают, что у сахарины мороженой, деминерализованной уксусной и аскорбиновой кислотами, содержание альгиновой кислоты и минеральных веществ увеличивается, у сушеной, деминерализованной уксусной кислотой, соленой, деминерализованной уксусной и аскорбиновой кислотами, самые высокие показатели.

Большое содержание альгиновой кислоты в водоросли обеспечивает прочность тканей, и при варке деструкции не наблюдается. Термическую обработку подготовленных образцов (обработанных аскорбиновой кислотой) проводили до приобретения приемлемой консистенции, согласно нормативной документации. Сахарину японскую подвергали термическому гидролизу при соотношении водоросли и воды 1:3, температуре 90 и 100 °С, продолжительность обработки варьировалась от 5 до 30 мин.

Исследования показали, что при обработке водоросли в течение 15 мин и температуре 90 и 100 °С получаем водоросль с необходимыми органолептическими качествами. Понижение температуры обработки до 90 °С ведет к снижению потерь альгиновой кислоты от 3 до 6 %, минеральных веществ от 7 до 13 % (табл. 1).

На основе анализа полученных данных можно сделать вывод, что повышение температуры обработки водоросли приводит к деструкции альгиновой кислоты. В связи с разрушением комплексов альгинатов идут потери минеральных веществ, что ведет к снижению прочности консистенции водоросли и ухудшению органолептических свойств.

После термической обработки произошло изменение массы образцов (рис. 4).

Изменение массы можно объяснить строением сахарины японской. В химическом отношении ее клеточная стенка представлена целлюлозой, которая формирует в основном внутренние слои и организована в элементарные фибриллы – фибриллярный каркас. Полисахариды (в основном соли альгиновой кислоты) и гемицеллюлозы формируют внешние, основное вещество – матрикс, масса которого в набухшем состоянии превышает 80 % сырой массы всей оболочки [2], что объясняет устойчивость к действию химических реагентов. В процессе замораживания образуются кристаллы льда, нарушающие целостность клеточной стенки. Последующее размораживание приводит к потере клеточного сока. Оболочка клетки сжимается, приобретает складчатое строение, межклеточное пространство уменьшается, сердцевина утончается. Высушивание обезживает клетки, они сморщиваются, слипаются, оболочки присыхают друг к другу. При помещении сушеного слоевища в воду происходит его набухание и заполнение клеток. У многих клеток оболочки разрушены под действием сильного давления воды. Процессы консервирования водоросли при температурной обработке приводят к снижению ее технологической ценности, что подтверждается данными рис. 4.

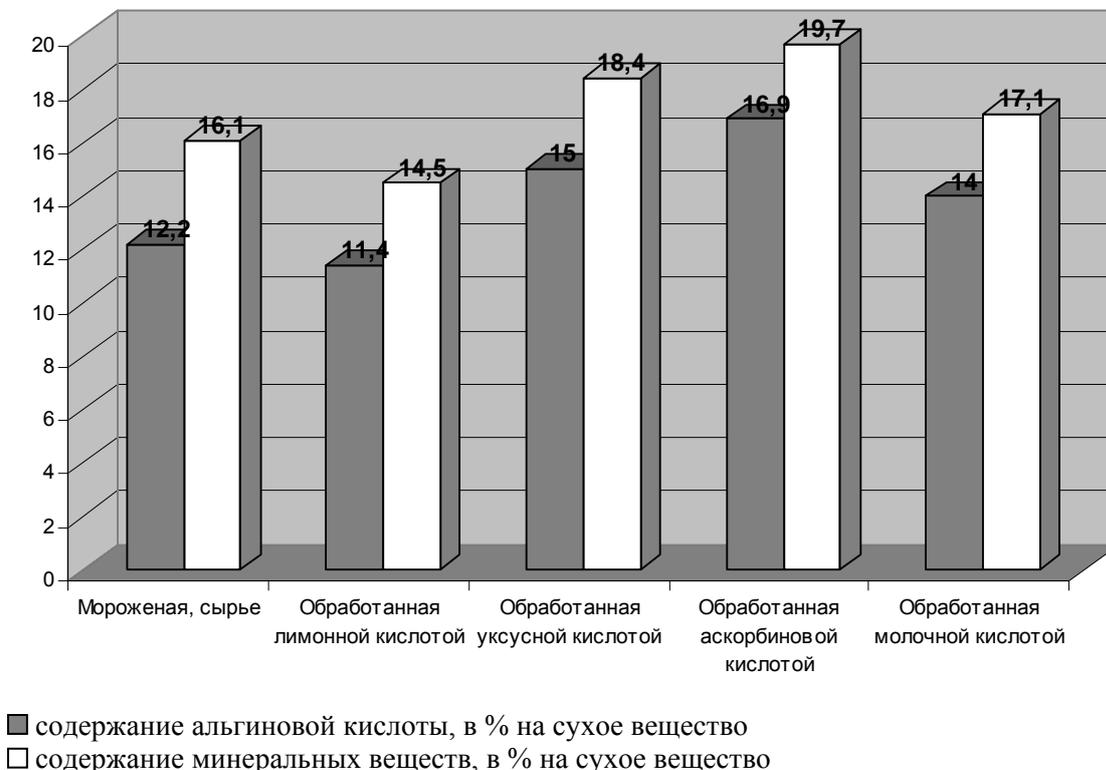


Рис. 1. Изменения содержания альгиновой кислоты и минеральных веществ в сахарине японской мороженой в процессе деминерализации  
 Fig. 1. Changes of the alginic acid and minerals in saccharina japonica frozen in demineralization

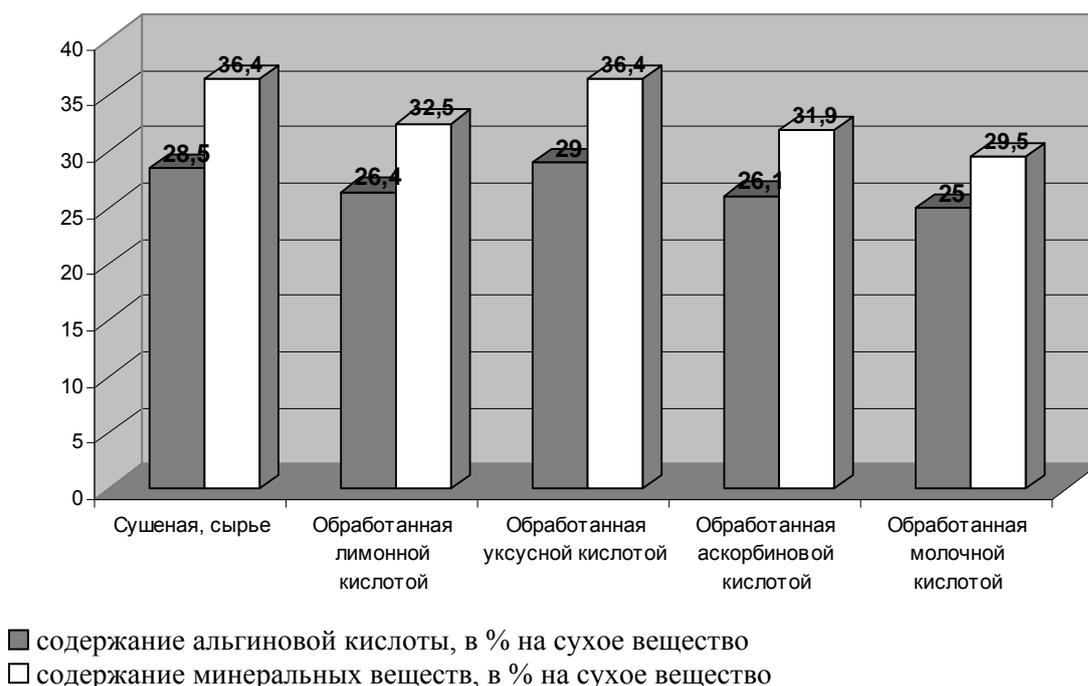


Рис. 2. Изменения содержания альгиновой кислоты и минеральных веществ в сахарине японской сушеной в процессе деминерализации  
Fig. 2. Changes of the alginic acid and minerals in saccharina japonica dried in demineralization

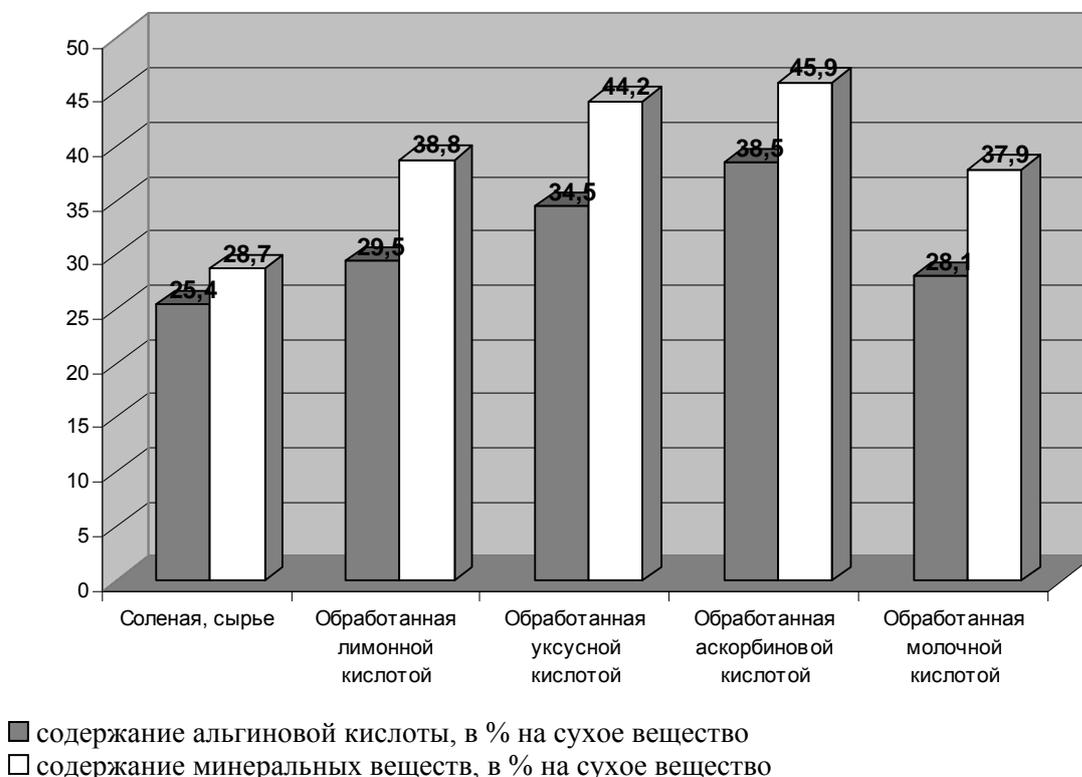


Рис. 3. Изменения содержания альгиновой кислоты и минеральных веществ в сахарине японской соленой в процессе деминерализации  
Fig. 3. Changes of the alginic acid and minerals in salted saccharina japonica demineralization process

Таблица 1  
**Количество извлеченных веществ при термической обработке сахарины японской**  
**(% от исходного содержания)**

Table 1  
**The number of extracted substances when heat treatment saccharina japonica**  
**(% of original content)**

Название образца	Время, мин	Содержание минеральных веществ		Содержание альгиновой кислоты	
		90 °С	100 °С	90 °С	100 °С
Сушеная	5	4,65	12,29	3,76	11,27
	10	4,65	16,62	3,76	15,03
	15	<b>6,65</b>	22,26	<b>5,64</b>	17,85
	20	7,98	30,57	7,05	23,95
	30	10,64	38,87	7,05	27,7
Мороженая	5	6,69	16,07	1,36	9,51
	10	8,48	21,88	1,81	10,86
	15	<b>16,52</b>	36,17	<b>2,72</b>	16,29
	20	20,54	44,65	2,72	19,46
	30	22,77	51,79	7,69	22,63
Соленая	5	4,53	23,12	0,56	6,15
	10	8,05	28,65	0,56	15,65
	15	<b>12,57</b>	45,73	<b>3,36</b>	22,91
	20	22,11	56,28	5,03	29,61
	30	25,63	60,81	6,71	32,97

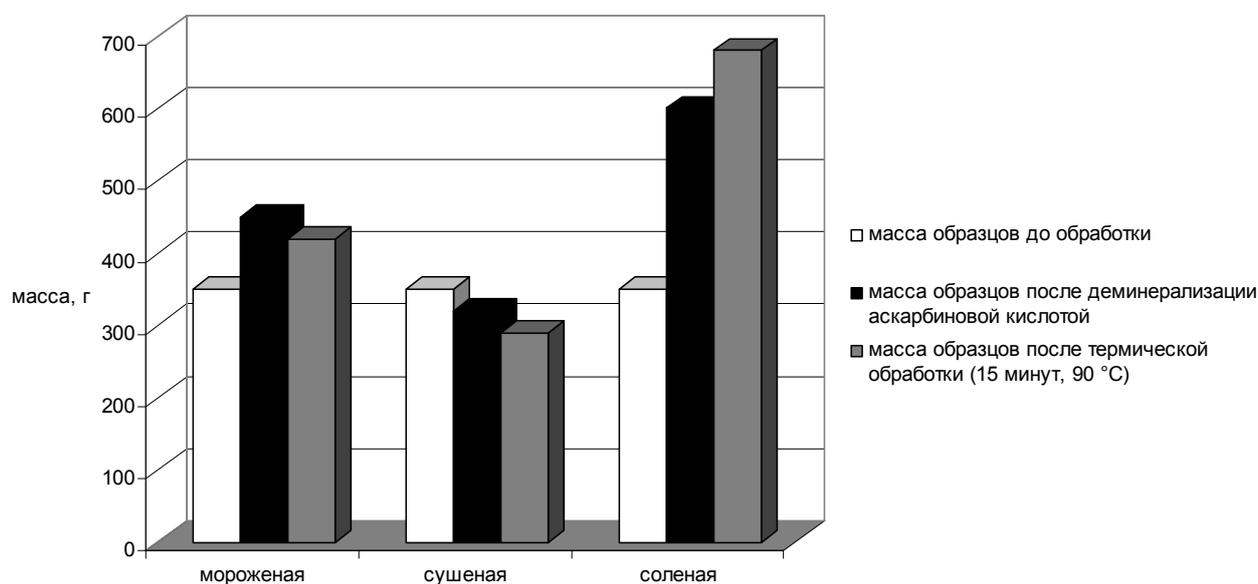


Рис. 4. Диаграмма изменения массы сахарины японской до и после обработки  
 Fig. 4. Mass changing chart saccharina japonica before and after treatment

Полученные образцы сахарины японской, деминерализованные различными органическими кислотами и термически обработанные при температуре 90 °С в течение 15 мин, были исследованы на микробиологические показатели и общую биологическую ценность (ОБЦ). Результаты приведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что наибольшим антисептическим действием обладают аскорбиновая и уксусная кислоты. Общая биологическая ценность образцов, обработанных аскорбиновой кислотой, самая высокая.

Таблица 2

**Биологическая ценность и микробиологические показатели сахарины японской после предварительной обработки**

Table 2

**Biological and microbiological values saccharina japonica after pretreatment**

Название образца	ОБЦ, %	КМАФАнМ, КОЕ/г, масса, г, мл	БГКП (колиформы), КОЕ/г, масса, г, мл
Сушеная с уксусной кислотой	78,1	1,0x10 <sup>2</sup>	Не обнаружено
Сушеная с молочной кислотой	84,6	1,0x10	Не обнаружено
Сушеная с аскорбиновой кислотой	<b>93,3</b>	1,0x10	Не обнаружено
Сушеная с лимонной кислотой	86,2	1,0x10	Не обнаружено
Соленая с уксусной кислотой	80,1	1,4x10 <sup>3</sup>	Не обнаружено
Соленая с молочной кислотой	88,4	3,0x10	Не обнаружено
Соленая с аскорбиновой кислотой	<b>96,5</b>	1,0x10	Не обнаружено
Соленая с лимонной кислотой	88,7	1,0x10	Не обнаружено
Мороженая с уксусной кислотой	69,3	1,0x10	Не обнаружено
Мороженая с молочной кислотой	78,8	1,0x10	Не обнаружено
Мороженая с аскорбиновой кислотой	<b>88,4</b>	1,0x10	Не обнаружено

В результате проведенных исследований установлено, что деминерализация 3%-м раствором аскорбиновой кислоты в соотношении «водоросль:раствор кислоты» 1:2 в течение двух часов при температуре 40 °С и последующая термическая обработка при температуре 90 °С в течение 15 мин являются оптимальными.

Кулинарный продукт – это готовый продукт к употреблению, обладающий хорошими потребительскими свойствами. Поэтому далее нами были разработаны рецептуры салатов, в состав которых вошли ингредиенты, приведенные в табл. 3. Процесс стандартной варки был заменен тушением со всеми компонентами при температуре 90 °С в течение 20 мин.

Таблица 3

**Рецептура кулинарной продукции (кг/100 кг готового продукта)**

Table 3

**Recipe culinary products (kg/100 kg of finished product)**

Наименование ингредиентов	Наименование образца			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Сахарина японская после деминерализации	65	65	70	70
Морковь шинкованная	8	8	-	-
Свекла шинкованная	-	-	15	15
Масло растительное для тушения	11	11	11	11
Лук репчатый	13	13	-	-
Соевый соус	3	3	4	4
Перец черный молотый	0,1	-	0,2	-
Перец красный молотый	0,1	-	0,1	-
Соль поваренная	0,3	0,3	0,4	0,4
Чеснок	1	1	1	1

Исследования химического состава и расчет энергетической ценности разработанных образцов (табл. 4) показали, что предложенная кулинарная продукция обладает высокой пищевой ценностью за счет сохранения биологически активных веществ и низкой калорийности.

Полученные данные послужили основанием для разработки способа направленной химической модификации альгинатов в структуре сахарины японской с целью получения полуфабриката с повышенной пищевой ценностью для кулинарной продукции.

Таблица 4

**Пищевая ценность кулинарной продукции**

Table 4

**Nutrition value of culinary products**

Наименование образца	Содержание нутриентов, % на сухое вещество			Калорийность, ккал/100 г
	минеральных веществ	альгиновой кислоты	йода	
№ 1	24,9	20,9	0,03	145,5
№ 2	24,5	21,3	0,03	145,5
№ 3	25,1	21,5	0,03	154,8
№ 4	24,3	21,1	0,03	154,8

**Список литературы**

1. Водорослевые биогели – основа для приготовления пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения / Е.А. Ковалева, А.В. Подкорытова // Тр. ВНИРО. – 2004. – Т. 143. – С. 156-165.

2. Консервирование морских водорослей / А.В. Подкорытова, Н.Ю. Константинова // Рыб. хоз-во. – 1994. – № 3. – С. 48-50.

3. Пантелева А.П. Некоторые закономерности взаимодействия альгиновой кислоты с катионами металлов // Радиационная и химическая экология гидробионтов. – Киев: Наук. думка, 1972. – С. 112-115.

4. Пат. Российская Федерация, № 2041656. Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей / А.В. Подкорытова, Е.А. Ковалева, Н.М. Аминина. Заявл. 20.08.1995.

5. Получение водорослевого геля и БАВ из бурых водорослей *Laminaria spp.* Их использование в лечебно-профилактическом питании и производстве пищевых продуктов / А.В. Подкорытова, Л.Х. Вафина, Е.А. Ковалева, В.И. Михайлов // Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов: сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 162-165.

6. Слуцкая Т.Н. Общая характеристика гидробионтов, пути их использования / Т.Н. Слуцкая, Е.А. Ковалева, А.В. Югай. – Находка: ИТиБ, 2009. – 124 с.

7. Bird G.M., Haas P. On the nature of the cell wall constituents of *Laminaria sp.* manuronic acid. // Biochem J. – 1981. – Vol. 7, № 25. – P. 403-410.

8. Haug A., Smidsröd O. Strontium, calcium and magnesium in brown algae // Nature. – 1967. – Vol. 215, № 5106. – P. 1167-1168.

9. Production of algal gels from the brown alga, *Laminaria japonica* Aresch., and their biotechnological applications / A.V. Podkorytova, L.H. Vafina, E.A. Kovaleva, V.I. Mikhailov // Journal of Applied Phycology. Springer Netherlands. – 2007. – Vol. 19, № 6. – P. 827-830.

**Сведения об авторах:** Ковалева Елена Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой, e-mail: biogel@mail.ru;

Родионов Данила Александрович, специалист кафедры технологии продуктов питания, e-mail: dan.maggot@mail.ru;

Сахарова Татьяна Григорьевна, доцент;

Сахарова Ольга Валентиновна, кандидат технических наук, доцент.

УДК 664.95 (07)

**Ю.А. Коровина, Н.В. Дементьева**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, Луговая, 52б**ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
МОЛОК ЛОСОСЕВЫХ РЫБ**

*Изучены функционально-технологические свойства молок лососевых рыб. Установлено, что молоки лососевых обладают достаточно хорошими функционально-технологическими свойствами и пригодны для производства широкого ассортимента продукции как формованных изделий, так и продуктов эмульсионного типа.*

**Ключевые слова:** молоки тихоокеанские лососевые, функционально-технологические свойства.

**U.A. Korovina, N.V. Dementeva****STUDYING OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES  
OF MILKS OF SALMON FISHES**

*Functional and technological properties of milks of salmon fishes are studied. It is established that milks of the salmon possess rather good functional and technological properties and are suitable for production of the wide product range, both molded articles, and products of emulsion type.*

**Key words:** milks Pacific salmon, functional and technological properties.

Качественные характеристики измельченной мышечной ткани молок лососевых зависят от функционально-технологических свойств исходного сырья. Их изучение позволяет в дальнейшем выбирать технологические приемы обработки, направленные на обеспечение высокого качества пищевых продуктов, получаемых из них.

Важным показателем при оценке функционально-технологических свойств измельченной мышечной ткани является коэффициент пищевой насыщенности. Для его определения необходимо знать химический состав исследуемого сырья.

Коэффициент пищевой насыщенности  $K_{пн}$  определяется отношением суммы белков, жиров (липидов) и углеводов к массовой доле воды в продукте (сырье) в процентах или долях единицы (табл. 1).

$$K_{пн} = (B + Ж + У) / В.$$

Таблица 1

**Химический состав и коэффициент пищевой насыщенности молок лососевых**

Table 1

**The chemical composition and coefficient of food saturation of salmon milt**

Вид молок	Показатели, %				
	Вода	Белки	Липиды	Минеральные вещества	$K_{пн}$
Молоки лососевых	81,00	15,90	1,20	1,90	0,21

Данные табл. 1 показывают, что коэффициент пищевой насыщенности для молок лососевых составляет менее 0,3 единиц, поэтому данный вид сырья можно отнести к малонасыщенному. Это связано с тем, что молоки сильно обводнены и содержат небольшое

количество жира. Поэтому для увеличения пищевой насыщенности при производстве пищевых продуктов молока желательно комбинировать с другими видами сырьевых ресурсов.

Количество содержащейся воды оказывает существенное влияние на функционально-технологические свойства исследуемого сырья. Окружая функциональные группы белковых цепей, вода существенно влияет на стабилизацию их пространственной конфигурации, а также оказывает влияние на структуру, консистенцию и выход готовых продуктов после технологической обработки [5]. Оценка сырья по содержанию воды определяется белково-водным коэффициентом, который показывает количество белка в граммах, приходящегося на 100 г воды, и определяют по формуле

$$B / B = B \cdot 100 / B,$$

где  $B / B$  – количество белка, приходящегося на 100 г воды;  $B$  – содержание белка, %;  $B$  – содержание воды, %.

При оценке функционально-технологических свойств немаловажную роль играет оценка коэффициента обводнения  $K_o$ , показывающего количественное отношение воды к белкам. При очень высоком коэффициенте обводнения белки сырья очень гидратированы, это может вызывать нежелательные потери воды при механическом и тепловом воздействии, что отрицательно будет сказываться на плотности и сочности консистенции у готовых изделий [5]. С помощью определения липидно-белкового коэффициента  $K_{ж}$  можно оценить нежность ткани, чем он выше, тем мясо более нежное [4].

Рассчитанные коэффициенты обводнения, липидно-белковый и белково-водный представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Коэффициенты обводнения, липидно-белковый и белково-водный  
молок лососевых**

Table 2

**The coefficients of irrigation, lipid-protein and protein-water of salmon milt**

Вид молоко	Отношение		
	Вода / Белки $K_o$	Липиды / Белки $K_{ж}$	БВК
Молоки лососевых	5,09	0,08	19,63

Как видно из табл. 2, коэффициент обводнения  $K_o$  у молоко лососевых велик, поскольку в них содержится больше воды и меньше белковых веществ, поэтому консистенция у молоко лососевых после тепловой обработки менее плотная и сочная.

Липидно-белковый коэффициент  $K_{ж}$  молоко лососевых мал, поскольку они содержат больше липидов.

Ослабление консистенции ткани также связано с увеличением содержания в ней воды и уменьшением количества белка [5]. Поэтому молоко лососевых имеют низкое значение белково-водного коэффициента, чему соответствует суховатая консистенция после варки.

Известно, что молоко рыб содержат небольшое количество липидов, но при этом имеют уникальный жирно-кислотный состав. Липиды молоко, особенно лососевых, обладают лечебно-профилактическими свойствами. Поэтому вызывает интерес изучение их качественного состава.

Одним из важных показателей ценности липидов является отношение полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) к насыщенным (НЖК) [1]. Для количественной оценки

соответствия жирно-кислотного состава липидов потребности организма в жирных кислотах использовали коэффициент эффективности метаболизации *КЭМ* эссенциальных жирных кислот.

$$КЭМ = \text{Арахидоновая} / \text{Линолевая} + \text{Линоленовая}.$$

Липидный состав молок и показатель сбалансированности липидов представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Липидный состав молок и показатель сбалансированности липидов**

Table 3

**The milt lipid composition and the index of lipid equilibrium**

Вид молок	КЭМ	Массовая доля, %					
		Σ НЖК	Σ МНЖК	Σ ПНЖК	ПНЖК		
					Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая
Эталон ФАО/ВОЗ	-	30	60	10	7,50	1,00	1,50
Молоки лососевых	2,41	28,09	21,33	49,67	0,06	0,60	1,59

Данные табл. 3 показывают, что липиды молок лососевых имеют достаточно высокие коэффициенты метаболизации по сравнению с липидами мышечной ткани рыб. Кроме того, содержание полиненасыщенных жирных кислот почти в пять раз превышает эталон ФАО/ВОЗ. Липиды молок лососевых богаты арахидоновой кислотой, ее содержание приближено к эталону ФАО/ВОЗ.

По отношению суммы ω-3 полиненасыщенных жирных кислот эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) к массовой доле общих липидов в пищевом сырье в процентах или долях единицы определяют коэффициент биологической значимости липидов *Кбзж*:

$$Кбзж = ЭПК + ДГК / Ж.$$

Содержание ЭПК, ДГК, массовая доля липидов и коэффициент биологической значимости липидов молок лососевых представлены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что молоки лососевых содержат в большом количестве ω-3 полиненасыщенных жирных кислот.

Таблица 4

**Содержание ЭПК, ДГК, массовая доля липидов и коэффициент биологической значимости липидов молок лососевых**

Table 4

**The maintenance of EPK, DGK, the mass share and coefficient of biological value of salmon milt lipid**

Вид молок	ЭПК, %	ДГК, %	Липиды, %	<i>Кбзж</i>
Молоки лососевых	18,4	22,35	1,20	33,96

Наиболее важными показателями технологической адекватности являются водосвязывающая (ВСС), водоудерживающая (ВУС), жирудерживающая (ЖУС) и водовыделяющая (ВВС) способности, а также эмульгирующие и структурообразующие свойства.

Физико-химические показатели молок лососевых представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Физико-химические показатели молок лососевых**

Table 5

**Physics-chemical indexes of salmon milt**

Вид молок	ВСС, %	ВВС, %	ВУС, %	ЖУС, %	pH
Молоки лососевых мороженые	55,70	14,25	66,73	100	7,32

Согласно данным табл. 5, молоки характеризуются достаточно высоким значением ВУС. У молок лососевых ВУС составляет 66,73 %. С учетом рекомендаций, приведенных Рамбега Е.Ф и Рехиной Н.И. [2], измельченная мышечная ткань с показателем ВУС 65-70 % хорошо формуется и может быть использована для приготовления колбасно-сосисочных изделий; с ВУС 50-65 % – при изготовлении кулинарных изделий – котлет, биточков, пирогов и др. [3].

Молоки лососевых после тепловой обработки теряют небольшое количество воды 14,25 % и характеризуются высокой жиросодержащей способностью, которая составляет 100 %.

Одним из важных показателей при получении готовых продуктов на эмульсионной основе является их эмульгирующая способность (ЭС), т.е. способность к удержанию тканями внесенного в систему жира и стабильность эмульсии (СЭ), т.е. способность оставаться в эмульгированном состоянии после термообработки.

Показатели эмульгирующей способности и стабильности эмульсии молок лососевых представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Эмульгирующая способность и стабильность эмульсии молок лососевых**

Table 6

**The emulsion ability and stability of salmon milt emulsion**

Вид молок	Внешний вид эмульсии	Консистенция эмульсии	ЭС, %	СЭ, %
Молоки лососевых (сырые)	Однородная, кремового цвета	Плотная, густой сметаны	100	86
Молоки лососевых (вареные)	Однородная, белая с кремовым оттенком	Жидкой сметаны	100	60

Проведенные исследования эмульгирующей способности сырых и вареных молок лососевых показали, что они хорошо удерживают жир. Эмульсия, полученная из сырых молок, имеет плотную, однородную консистенцию, близкую к густой сметане, однако вареные молоки дают менее плотную консистенцию эмульсии. Однако после термообработки эмульсий на основе молок наблюдается отделение воды. Более высокой стабильностью обладают эмульсионные системы из сырых молок. Для увеличения стабильности эмульсионных систем на основе молок необходимо использовать влагосвязывающие агенты.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что молоки лососевых имеют невысокий коэффициент пищевой насыщенности, поскольку в их тканях содержится небольшое количество жира и они достаточно обводнены. Хотя в молоках содержится небольшой процент липидов, однако они богаты полиненасыщенными жирными кислотами, в том числе незаменимыми, что способствует высокому коэффициенту метаболизации ли-

пидов молок в организме человека. Кроме того, липиды молок имеют высокий коэффициент биологической значимости. Установлено, что молоки лососевых обладают достаточно хорошими функционально-технологическими свойствами и пригодны для производства широкого ассортимента продукции как формованных изделий, так и продуктов эмульсионного типа.

### Список литературы

1. Абрамова Л.С. Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – 175 с.
2. Богданов В.Д. Рыбные продукты с регулируемой структурой. – М.: Мир, 2005. – 310 с.
3. Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 424 с.
4. Рамбеза Е.Ф., Рехина Н.И. Влияние химического состава мяса рыбы на качество и сроки хранения пищевого мороженого рыбного фарша // Рыб. хоз-во. – 1980. – № 3. – С. 66-68.
5. Югай А.В. Обоснование рациональной переработки бычков *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и *Myoxocephalus jaok* для производства пищевых продуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2011. – 22 с.

**Сведения об авторах:** Коровина Юлия Алексеевна, аспирант, e-mail: uliya\_6053@mail.ru;  
Дементьева Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: dnvdd@mail.ru.

УДК.665.937.6 : 66.084

**В.И. Погонец, И.Х. Пешков, О.И. Русанов**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

### **ПЕРЕНОС ТЕПЛА И ВЛАГИ ПРИ СУШКЕ ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ МОРЕПРОДУКТОВ**

*Проведены исследования сушки частиц ламинарии, кальмара, трепанга, рыбного фарша (трески, минтая), агара и других измельченных морепродуктов во взвешенном состоянии в закрученных потоках. Выявлены основные закономерности переноса тепла и влаги сушки этих продуктов. По полученным результатам удалось разработать более десятка новых сушилок, которые успешно эксплуатируются на береговых рыбозаводах и в судовых условиях.*

**Ключевые слова:** сушка, морепродукты, взвешенное состояние, особенности переноса тепла и влаги.

### **V.I. Pogonets, I.H. Pechkov, O.I. Rusanov HEAT AND MOISTURE TRANSFER DURING DRYING IN SUSPENSION GRINDING SEAFOOD**

*Investigations of drying of particle of kelp, squid, sea cucumber, minced fish (cod, pollock), agar and other shredded seafood suspended in swirling flows have been done. The basic laws of heat and moisture of drying of these products have been detected. According to the results failed to develop more than a dozen new dryers, which are successfully used in coastal fish factories and ship conditions.*

**Key words:** drying, seafood, suspension, feature of heat and moisture transfer.

Процесс сушки влажных морепродуктов представляет собой не только теплофизический, но и технологический процесс, в характере протекания которого решающую роль играет организация его в технологической схеме, с учетом особенностей строения морепродуктов, обуславливающая форму связи влаги с биочастицами [4, 5, 6, 7, 8].

Основой теории сушки являются закономерности переноса тепла и влаги во влажных частицах продуктов при взаимодействии их с нагретым до определенной температуры теплоносителем [2]. Макрокинетический метод описания процессов с дисперсной средой, как известно, состоит в том, что в условиях, определяющихся технологической схемой процесса, исследуется кинетика обработки малого объекта (частицы), которая затем рассматривается совместно с параметрами среды с учетом особенностей обработки.

Процесс сушки влажных частиц морепродуктов – процесс тепло- и массообмена при наличии фазовых превращений. Этот процесс состоит из переноса теплоты и вещества внутри частиц измельченных морепродуктов (ламинарии, кальмара, крупки из рыбного фарша и др.), так называемый внутренний тепло- и массообмен и переноса теплоты и вещества от обрабатываемой частицы в окружающую среду (внешний тепло- и массообмен). Сочетание внешнего и внутреннего тепло- и массообмена определяет кинетику процесса сушки.

Рассмотрим особенности переноса теплоты и вещества во влажных частицах измельченных морепродуктов. Для каждой отдельной частицы период падающей скорости сушки наступает в общем случае после окончания первого периода – постоянной скорости сушки.

В период постоянной скорости сушки влажность на поверхности сохнущего материала больше гигроскопической, а пар, выделяющийся с поверхности, является насыщенным, его температура равна температуре испарения влаги. Поскольку в этот период влага испа-

ряется в основном с поверхности частиц, то температура поверхности с достаточной степенью точности равна температуре насыщенного пара.

В период падающей скорости сушки влажность на поверхности обрабатываемых частиц морепродуктов становится равной гигроскопической, что приводит к углублению зоны испарения внутрь частиц, и скорость процесса начинает лимитироваться скоростью подачи влаги из внутренних слоев частиц к их поверхности. Это приводит к росту температуры поверхности частиц измельченных морепродуктов.

Внешний тепло- и массообмен при конвективной сушке частиц представляет собой перенос теплоты, осложненный переносом вещества, и перенос вещества (пара) в неконденсирующейся нейтральной газовой среде, при этом направление потока теплоты не совпадает с направлением потока вещества [12].

Гидродинамические условия процесса тепло- и массообмена следующие: теплоноситель перемещается относительно поверхности частиц, обтекая их. При этом в непосредственной близости от поверхности каждой частицы гидробионтов образуется пограничный слой, оказывающий значительное влияние на процесс сушки. В таком случае все параметры состояния пограничного газа отличаются от параметров состояния газа в камере сушки. Это приводит к появлению добавочных сопротивлений для переноса теплоты и влаги.

При рассмотрении гидродинамической обстановки в созданных нами установках [5, 10] различного типа было замечено, что частицы морепродуктов могут находиться в зоне турбулентного режима с большими числами Рейнольдса  $Re$ , т.е. в конических камерах установок, которые нами предложены промышленным предприятиям. Замечено также, что в этих конических камерах с активным кипящим слоем морепродуктов, в ядре потока, на динамику обтекания частиц накладывается влияние входного эффекта воздушных струй теплоносителя, выходящего из множества отверстий газораспределительной решетки, предложенной авторами [9]. Кроме того, турбулизующее действие на пограничный подслоя оказывает процесс испарения влаги с поверхности частиц гидробионтов. Вылетающий пар имеет достаточно большие скорости и, пронизывая пограничный слой, также способствует его турбулизации.

Таким образом, изучая протекание процессов в разработанных установках, мы наблюдали режимы обтекания, которые дают возможность сохранить вязкий подслоя на каждой частице, а также его турбулизацию.

Рассматривая последовательно явления, имеющие место в обоих случаях, мы выяснили, что формирование пограничного подслоя происходит следующим образом: если на большом расстоянии от обтекаемой поверхности теплоноситель движется со скоростью  $\omega_t$  относительно этой поверхности, то на некотором малом расстоянии сказывается влияние трения теплоносителя о поверхность частиц. То есть в ядре потока поле скоростей однородно и градиент скорости равен нулю, а на некотором малом расстоянии возникает градиент скорости, отличный от нуля и направленный от поверхности к потоку теплоносителя. В случае конвективной сушки обтекаемая поверхность частиц имеет температуру ниже температуры воздуха, и та часть теплоносителя, которая составляет пограничный слой, двигаясь медленнее всего потока, успевает охладиться сильнее.

Таким образом, в пограничном слое из-за градиента скорости на различных расстояниях от обтекаемой поверхности частиц возникает градиент температур, по направлению он совпадает с градиентом скорости и зависит от тех же причин, от которых зависит и последний, а также от теплопроводности теплоносителя. В пограничном слое имеет место градиент влагосодержания воздуха.

В связи с тем, что рассматриваемый нами процесс осложнен испарением влаги с поверхности частиц морепродуктов, уравнение переноса энергии необходимо дополнить новым членом, характеризующим объемное испарение влаги, как это предлагается в класси-

ческой литературе [1]. Его величина равна произведению удельной теплоты испарения  $q_u$  на массу испаряющейся влаги  $M_e$  в единице объема с поверхности пористого тела в единицу времени.

Поле скоростей и температур с учетом испарения с поверхности частиц в ламинарном пограничном слое описывается [1]:

1) уравнением количества движения:

$$\omega_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_x}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}; \quad (1)$$

2) уравнением сплошности:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho \omega_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \omega_y) = 0; \quad (2)$$

3) уравнением теплообмена, осложненного испарением:

$$\rho C_p q \left( \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} - q_u M_e. \quad (3)$$

В уравнение (3) не включены члены, представляющие диссипацию энергии: это член, определяющий внутреннее трение  $\nu \rho \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2}$ , и член, учитывающий расширение теплоносителя  $\omega_x \frac{\partial P}{\partial x}$  в связи с их малостью;

4) краевое условие: конвективный тепловой поток от омывающего теплоносителя передается теплопроводностью через пограничный слой:

$$\alpha \cdot \Delta t = \lambda_r \frac{\partial t}{\partial y}, \quad (4)$$

где  $\omega_x$  – компонента скорости вдоль обтекаемой поверхности;  $\omega_y$  – компонента скорости, нормальная к поверхности.

При малом изменении давления в поперечном направлении пограничного слоя можно считать, что давление определяется условиями во внешнем потоке газа. Согласно уравнению Бернулли

$$-\frac{\partial P}{\partial x} = \rho_\Gamma \cdot \omega_\Gamma \cdot \frac{\partial \omega_\Gamma}{\partial x}. \quad (5)$$

Величины с подстрочными индексами « $\Gamma$ » относятся к потоку теплоносителя вне пограничного слоя.

Система уравнений, описывающих внешнюю задачу, примет вид

$$\omega_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_x}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} + \omega_\Gamma \frac{\partial \omega_\Gamma}{\partial x}, \quad (1')$$

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \frac{\partial \omega_y}{\partial y} = 0, \quad (2')$$

$$\rho C_p q \left( \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} - q_u M_e, \quad (3')$$

$$\alpha \cdot \Delta t = \lambda_r \frac{\partial t}{\partial y}. \quad (4')$$

Предполагаем, что тепло, необходимое для испарения частиц влаги, передается путем теплопроводности. Плотность такого потока теплоты равна

$$\frac{\lambda_r}{d} (T_c - T_m) = q_u d M_e, \quad (6)$$

где  $M_e d$  – интенсивность испарения;  $d$  – характерный размер частиц морепродуктов, подвергаемых сушке.

Рассмотрим процесс турбулизации пограничного слоя. Для описания процесса можно использовать теорию турбулентности Прандтля.

Для случая двухмерного потока уравнение движения в пограничном слое имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_x}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (7)$$

где  $\omega_x, \omega_y$  – мгновенные величины составляющих скорости;  $\rho, P, \nu$  – мгновенные значения плотности, давления и кинематического коэффициента вязкости соответственно.

Уравнение неразрывности для двухмерного потока:

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \frac{\partial \omega_y}{\partial y} = 0. \quad (8)$$

Умножим левую и правую части на  $\omega_x$  и, произведя преобразования, получим

$$\frac{\partial \omega_x^2}{\partial x} + \frac{\partial (\omega_x \omega_y)}{\partial y} = \omega_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x}. \quad (9)$$

Подставив уравнение (9) в уравнение (7), получим

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial \tau} + \frac{\partial \omega_x^2}{\partial x} + \frac{\partial (\omega_x \omega_y)}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}. \quad (10)$$

Компоненты скорости турбулентного потока можно разложить на средние по времени и пульсационные составляющие:

$$\omega_y = \overline{\omega_y} + \omega'_y; \quad \omega_x = \overline{\omega_x} + \omega'_x$$

При осреднении во времени пульсационные составляющие исчезают ( $\omega'_x = 0$ ;  $\omega'_y = 0$ ), но на квадраты и произведения пульсационных величин это не распространяется. После замены в уравнении мгновенных величин средними и пульсационными, а также после исключения градиента давления как величины незначительной и сил вязкого трения (ввиду отсутствия ламинарного подслоя) получим уравнение в следующем виде:

$$\overline{\omega_x} \frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial x} + \overline{\omega_y} \frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial y} = - \frac{\partial (\overline{\omega'_x \omega'_y})}{\partial y}. \quad (11)$$

В физической модели турбулентности, описанной в книге [11], автор исходит из предположения о том, что касательные напряжения в турбулентном потоке вызываются переносом вихрей. В двухмерном потоке усредненная интенсивность вихря выражается формулой

$$\omega = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{\omega_y}}{\partial x} \right). \quad (12)$$

Если направление потока совпадает с осью абсцисс, то величина  $\frac{\partial \overline{\omega_y}}{\partial x}$  мала по сравнению с величиной  $\frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial y}$ . Если средний свободный путь жидкой частицы в турбулентном потоке равен  $l$ , то при поперечном переносе частицы из одного слоя в другой последняя будет иметь избыток или недостаток значения вихря, равный

$$\Delta \omega - l \frac{\partial \overline{\omega}}{\partial y} = \frac{1}{2} l \frac{\partial^2 \overline{\omega_x}}{\partial x^2}, \quad (13)$$

где  $l$  – длина пути перемешивания, представляющая собой то расстояние, которое частица жидкости, двигаясь со средней скоростью своего первоначального слоя, должна пройти для того, чтобы разность ее скорости и скорости течения потока в новом месте стала равной усредненному значению от абсолютной величины продольной пульсации турбулентного сечения.

Потеря индивидуальности жидкой частицы должна сопровождаться скачкообразным изменением пульсации на величину  $\omega' = \Delta \omega$ .

Однако 
$$\omega' = \frac{1}{2} \frac{\partial \omega'_x}{\partial y}. \quad (14)$$

Отсюда 
$$\frac{\partial \omega'_x}{\partial y} = l \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2}. \quad (15)$$

Используя то обстоятельство, что поперечные пульсации скорости имеют тот же порядок величин, что и продольные пульсации, т.е.

$$\pm \omega'_y \approx \omega'_x \approx l \frac{\partial \omega_x}{\partial y}, \quad (16)$$

из уравнений (7), (16), (11) можно получить

$$\overline{\omega_x} \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \overline{\omega_y} \frac{\partial \omega_x}{\partial y} = \pm l^2 \frac{\partial \omega_x}{\partial y} \cdot \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2}. \quad (17)$$

Теплообмен между потоком сушильного агента и измельченной частицей морепродуктов описывается уравнением конвективного переноса тепла:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\lambda}{C_p \cdot \rho} \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\nu}{C_p} \left( \frac{\partial \omega_x}{\partial y} \right)^2, \quad (18)$$

где  $\frac{\nu}{C_p} \left( \frac{\partial \omega_x}{\partial y} \right)^2$  – работа против сил молекулярного трения;  $\frac{\lambda}{C_p \cdot \rho} \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}$  – количество теплоты, которое переносится за счет молекулярной теплопроводности;  $C_p$  – теплоемкость среды;  $t$  – температура измельченной частицы морепродуктов;  $\lambda$  – коэффициент молярной теплопроводности.

Используя уравнение неразрывности, заменяя мгновенные значения температуры и скорости средними и пульсационными, произведем усреднение по времени. Количеством теплоты, передаваемым молекулярной теплопроводностью и диссипацией энергии при вязком трении, пренебрегаем вследствие их незначительности по сравнению с турбулентным переносом теплоты.

Следовательно, перенос теплоты в турбулентном потоке осуществляется в результате перемешивания слоев с различной температурой, т.е. благодаря корреляции между пульсациями скорости и температуры.

Пульсация температуры есть ее изменение в момент потери индивидуальности жидкой частицей после поперечного перенесения на длину  $l$ :

$$t' \cong l \frac{\partial t}{\partial y}. \quad (19)$$

Выразим пульсационную составляющую  $\omega'_y$  из уравнения (16). После проведения всех подстановок приходим к уравнению теплового пограничного слоя. Однако здесь надо отметить, что плотность среды остается неизменной благодаря компенсации уменьшения последней из-за увеличения влажности увеличением из-за понижения температуры по направлению к поверхности частицы.

$$\omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} = C_p^2 l^2 \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \omega_x}{\partial y} \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \right). \quad (20)$$

Как было отмечено ранее,  $l$  пропорциональна отношению пульсационной скорости  $\omega'_x$  к производной средней скорости по координате  $y - \frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial y}$ , т.е.  $l \frac{\omega'_x}{\frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial y}}$ .

Интенсивность возмущения слоя, вносимого частицами влаги, падает по мере удаления от поверхности частицы и почти исчезает вне пограничного слоя.

Следовательно, есть основание полагать, что  $l = const$  и не зависит от поперечной координаты  $y$ . Возмущения, вносимые в пограничный слой испаряющимися частицами влаги, усиливаются вдоль потока (по  $x$ ). Постоянство скорости основного потока вне пограничного слоя обуславливает малое изменение градиента скорости в продольном направлении. Следовательно,  $l = const$ .

Пульсации скорости, вызванные испарившимися частицами в пограничном слое, мало зависят от скорости основного потока, градиент же продольного компонента растет с увеличением скорости основного потока вне пограничного слоя. Отсюда следует, что в случае мало изменяющегося значения пульсации скорости  $\omega_x$  и при увеличивающемся градиенте

скорости  $\frac{\partial \overline{\omega_x}}{\partial y} \cdot l$  должна уменьшаться. Здесь отмечаем, что уравнения составлены для системы криволинейных координат, причем ось  $x$  направлена вдоль контура тела вращающейся частицы, а  $y$  – по нормали к поверхности частицы; соответственно этому измеряются и составляющие скорости [5, 6, 8].

Зависимости длины пути перемешивания от вязкости и температурного фактора следует рассматривать совместно. Кинематический коэффициент вязкости воздуха растет с увеличением температуры. Температурный фактор определяется психометрической разностью, которая при одинаковой влажности среды с увеличением температуры также возрастает. С увеличением температуры омывающего потока увеличивается интенсивность испарения, поэтому пульсации скорости, вызванные испаряющимися частицами влаги, также должны увеличиваться, градиент же продольного компонента скорости мало зависит от изменения температуры.

В таких условиях рост температуры должен обуславливать также рост пути перемешивания.

Из рассмотренного выше следует

$$l = f(v; G_u; d; \omega_q), \quad (21)$$

где  $G_u = \frac{T_c - T_m}{T_m}$  – критерий Гухмана, характеризующий потенциальные возможности нагретого воздуха как сушильного агента.

Граничные условия процесса можно определить следующим образом: количество теплоты, передаваемое пограничному слою от потока теплоносителя, равно количеству теплоты, передаваемому через пограничный слой:

$$\alpha(t - Q) = C_p l^2 \left( \frac{\partial \omega_x}{\partial y} \right) \left( \frac{\partial t}{\partial y} \right), \quad (22)$$

где  $t$  – температура потока сушильного агента;  $Q$  – температура поверхности измельченной частицы морепродуктов, равная для периода постоянной скорости сушки температуре мокрого термометра.

Период постоянной скорости сушки гидробионтов заканчивается в тот момент, когда влагосодержание частиц становится равно гигроскопическому влагосодержанию и намечается углубление зоны испарения внутрь частиц морепродуктов. При этом прекращается охлаждающее действие процесса испарения на поверхность частиц, и температура поверхности начинает расти, стремясь сравниться с температурой сушильной камеры.

На основе метода термодинамики необратимых процессов [2], рассматривающих перенос теплоты и вещества в их взаимосвязи, была установлена зависимость между молекулярным переносом энергии упорядоченного движения и переносом теплоты и вещества.

Изменение влагосодержания тела можно определить двумя методами:

- 1) принять за основу закон переноса пара и подсчитать плотность потока пара через контрольную поверхность;
- 2) принять за основу закон переноса жидкости и рассчитать поток жидкости через контрольную поверхность.

В обоих случаях надо знать количество испарившейся жидкости:

$$du = du_{ж} + du_n .$$

Изменение влагосодержания  $du$  равно сумме изменений влагосодержаний за счет переноса жидкости  $du_{ж}$  и фазового превращения  $du_n$ .

$$\frac{du_n}{du} = \varepsilon_\phi - \text{критерий фазового превращения, тогда } du = du_{ж} + \varepsilon_\phi \cdot du .$$

Величина  $\varepsilon_\phi du$  является стоком жидкости (испарение жидкости). Если фазовых превращений в теле нет ( $\varepsilon_\phi = 0$ ), то изменение влагосодержания тела в любой точке его происходит только за счет переноса жидкости ( $du = du_{ж}$ ). Если критерий фазового превращения равен единице ( $\varepsilon_\phi = 1$ ), то влагосодержание в теле изменяется только за счет испарения жидкости, а перенос жидкости отсутствует ( $du_{ж} = 0$ ). Таким образом,  $0 \leq \varepsilon_\phi \leq 1$ . При  $\varepsilon_\phi = 1$  перенос влаги происходит только в виде пара, а при  $\varepsilon_\phi = 0$  - только в виде жидкости. Авторами [3] было предложено дифференциальное уравнение переноса жидкости на основе закона сохранения массы. Изменение влагосодержания тела в объеме  $V$  равно потоку жидкости через поверхность  $F$  плюс источники (стоки) жидкости в этом объеме:

$$\int_V \frac{\partial(\rho_0 qu)}{\partial \tau} = - \int_F q_{ж} dF_n + \int_V \varepsilon_\phi \frac{\partial(\gamma_0 u)}{\partial \tau} dV . \tag{23}$$

После преобразований было получено следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \nabla(a_m \nabla u + a_m \delta_m \nabla t), \tag{24}$$

где  $\frac{\lambda_m}{c \rho_0 q} = a_m$  - эквивалентный коэффициент теплопроводности вещества;

$\delta$  - термоградиентный коэффициент, который показывает, какой градиент влагосодержания создается в материале при температурном градиенте, равном 1.

Уравнение (24) – дифференциальное уравнение переноса влаги внутри материала. Скорость изменения влагосодержания высушиваемого материала в любой точке тела определяется изменением влагосодержания в единицу времени с учетом переноса влаги влагопроводностью  $\nabla(a_m \nabla u)$  и за счет термовлагопроводности  $\nabla(a_m \delta_m \nabla t)$ . Граничное условие:

$$- a_m \rho_0 q \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{\text{нов}} = \alpha_m (P_m - P_n), \quad (25)$$

т.е. количество влаги, переместившейся изнутри тела к его поверхности, равно количеству влаги, переместившейся с поверхности тела в окружающую среду.

Для процесса переноса теплоты, осложненного внутренним массообменом во влажном теле, было предложено следующее дифференциальное уравнение, определяющее температурное поле внутри влажного тела в условиях конвективной сушки:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \nabla^2 \theta + \varepsilon \frac{c}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau}, \quad (26)$$

где  $a \nabla^2 \theta$  – изменение энтальпии в единицу времени, учитывает перенос теплоты теплопроводностью;  $\varepsilon \frac{c}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau}$  – учитывает перенос теплоты при фазовых превращениях.

Граничное условие процесса сушки измельченных частиц морепродуктов можно описать уравнением баланса: количество теплоты, передаваемое частице от потока теплоносителя, равно количеству теплоты, используемому на нагревание частицы и испарение влаги:

$$\alpha \Delta t = \lambda_m (\nabla t)_{cm} - \eta \rho_m q \frac{V}{F} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \tau}, \quad (27)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $\lambda_m$  – коэффициент теплопроводности измельченной частицы морепродуктов;  $q$  – теплота парообразования;  $u$  – влагосодержание частиц морепродуктов.

При исследованиях нами была рассмотрена кинетика процесса сушки единичных частиц ламинарии, кальмара, трепанга. При отсутствии принудительного обдува продукта может быть сделана попытка аналитического решения частной задачи – кондуктивной сушки при тепловых и массообменных параметрах, принятых постоянными.

В результате исследований, с учетом изучения и обоснования процесса сушки для различных измельченных морепродуктов, были выполнены расчеты оптимальных параметров процесса, что позволило далее спроектировать более десятка новых сушилок. Эти конструкции сушилок включают новые разработанные комплектующие: газораспределительные решетки, двойные тангенциальные улитки, перегрузочные эжекторы и сушильные камеры.

### Список литературы

1. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики. – Минск: Изд-во АН СССР, 1961.
2. Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. – М.: Госэнергоиздат, 1956.
3. Лыков А.В., Грязнов А.А. Молекулярная сушка. – М.: Пищепромиздат, 1956.
4. Погонец В.И. Гидродинамические характеристики и диапазон существования кипящего закрученного слоя дисперсных частиц агара при сушке // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Вып. 25. – С. 111-115.
5. Погонец В.И. Технология сушки морепродуктов во взвешенном состоянии. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – 245 с.

6. Погонец В.И., Пешков И.Х. Технология сушкипряно-сладкой ламинарии при производстве цукатов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы II Междунар. науч.-технич. конф. Ч. II. – Владивосток, 2012. – С. 110-113.

7. Погонец В.И., Пешков И.Х. Тепловые параметры процесса сушки агара в кипящем закрученном слое // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Вып. 26. – С. 102-107.

8. Погонец В.И., Пешков И.Х. Особенности сушки частиц агара во взвешенно-закрученных потоках // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Вып. 26. – С. 126-132.

9. Погонец В.И., Русанов О.И. Интенсификация процессов сушки шинкованных морепродуктов, склонных к комкованию // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – Вып. 28. – С. 126-135.

10. Погонец В.И. Промышленные аппараты для сушки ламинарии во взвешенно-закрученных потоках теплоносителя // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – Вып. 20. – С. 253-263.

11. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1969. – 743 с.

12. Vimbeheth I.I., Loncin M., Brusset H. Тепло и массопередача при сушке твердых материалов. – 1971. – Vol. 19, № 6. – P. 860-865.

**Сведения об авторе:** Погонец Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, e-mail: pogonetsvi@mail.ru;

Пешков Иван Харитонович, аспирант.

Русанов Олег Иванович, аспирант.

УДК 664

**Ф.Б. Волотка, В.Д. Богданов**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

**ЖИРНО-КИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ  
ИЗ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ КРАСНОПЕРКИ (TRIBOLODON BRANDTII)  
И КЕФАЛЬ-ЛОБАНА (MUGIL CEPHALUS)**

*Представлены результаты исследования жирно-кислотного состава формованных изделий из дальневосточной красноперки и кефаль-лобана. Данные исследования показывают, что разработанные формованные изделия имеют высокую биологическую эффективность.*

**Ключевые слова:** дальневосточная красноперка, *Tribolodon brandtii*, фарш, кефаль-лобан, *Mugil cephalus*, жирно-кислотный состав, нормы, биологическая эффективность, липиды.

**F.B.Volotka, V.D. Bogdanov**

**FATTY ACID COMPOSITION OF MOLDED PRODUCTS  
FROM THE FAR EAST RUDD (TRIBOLODON BRANDTII)  
AND STRIPED MULLET (MUGIL CEPHALUS)**

*The results of the study of fatty acid composition of molded products from the Far East and the red-eye mullet, striped mullet. These studies show that the molded articles have developed a high biological efficacy.*

**Keywords:** Far rudd, *Tribolodon brandtii*, stuffing, striped mullet, *Mugil cephalus*, fatty acid composition, norms, biological efficiency, lipids.

Продукты питания (в том числе формованные рыбные продукты) по теории сбалансированного питания в повседневном рационе должны содержать такое количество компонентов: аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, антиоксидантов и т.д., – которое достаточно для благотворного воздействия на организм человека (Diplock, 1998). В этой связи расширение ассортимента формованных изделий из дальневосточной красноперки и кефаль-лобана и оценка их качественных показателей, в том числе жирно-кислотного состава, является актуальной задачей.

Жирно-кислотный состав продуктов питания – второй по значимости после аминокислотного состава комплексный показатель, с помощью которого можно качественно и количественно оценивать функционально-метаболическую адекватность продуктов целям повседневного или специального питания (Липатов, 2003). Добавляемые в рецептурные композиции жиры положительно влияют на пластичность массы, а также на органолептические показатели.

В целях повышения питательной ценности рыбных формованных изделий в рецептуру включают растительные и животные жиры. Также известно, что липиды морских рыб отличаются от пресноводных, прежде всего, по содержанию полиненасыщенных жирных кислот: линолевой, линоленовой, арахидоновой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой, – которые не синтезируются в организме человека (Мглинец и др., 2000 г.; Сторожук, 1970), в связи с этим представляет интерес исследование жирно-кислотного состава разработанных рыбных формованных изделий.

Целью нашей работы являлось исследование жирно-кислотного состава формованных изделий на основе дальневосточной красноперки и кефаль-лобана; объектами исследования – рыбные формованные изделия.

Основным сырьем для производства рыбных формованных изделий являлась дальневосточная красноперка, или мелкочешуйный угай (*Tribolodon brandtii*), и кефаль-лобан (*Mugil cephalus*), соответствующие ГОСТ 814-96 Рыба охлажденная.

Состав жирных кислот определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе GC-2010 («Shimadzu», Япония), использовали капиллярную кварцевую колонку (0,25 мм × 25 м) с неподвижной фазой Carbowax-20.

Особую важность для нормального функционирования организма человека имеют полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), в том числе  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6. Дефицит  $\omega$ -3 приводит к снижению способностей к обучению и психомоторного развития у детей, нарушению функций сердечно-сосудистой системы. Известно, что  $\omega$ -3 жирные кислоты нормализуют тромбообразование и свертываемость крови, снижают риск инфаркта миокарда (Акулин и др., 1995). Физиологическая потребность для взрослых составляет 8-10 г/сут  $\omega$ -6 жирных кислот и 0,8-1,6 г/сут  $\omega$ -3 жирных кислот (Нормы..., 2008). ПНЖК типа  $\omega$ -6 очень полезны и жизненно необходимы организму. Однако их эффекты становятся чрезмерными и очень опасными на фоне дефицита  $\omega$ -3 жирных кислот. Такая ситуация провоцирует развитие атеросклероза, инфаркта, усиливает некоторые формы гипертонической болезни; способствует хроническим воспалениям суставов и внутренних органов; стимулирует аллергии.

Жирные кислоты  $\omega$ -3 семейства являются биологически активными веществами, действующими как профилактические лекарственные средства на организм человека при сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваниях. Главные жирные кислоты этого семейства: эйкозапентаеновая (20:5) и докозагексаеновая (22:6) – играют важную роль для организма человека как биологически активные соединения, участвуют в регулировании обменных процессов, воздействуют на иммунную систему человека, препятствуют развитию астматических и некоторых опухолевых процессов (Поверин, 2008).

Жиры с повышенным содержанием олеиновой кислоты отличаются повышенной усвояемостью, также олеиновая кислота ингибирует активность лецитиназы, в результате чего уменьшается активность протекания гидролитических и окислительных процессов при хранении продукта, что служит фактором увеличения сроков хранения готового продукта (Трофимчук, 1971; Jurkowski, 1965).

Присутствующие в липидах ненасыщенные линолевая (18:2), линоленовая (18:3) и арахидоновая (20:4) кислоты являются важными физиологически необходимыми для человека веществами и составляют витамин F (Лещанская, 2003).

Из литературных данных известно, что наилучшее соотношение жирных кислот в обычном рационе питания человека ПНЖК:МНЖК:НЖК – 10:60:30. Более полное представление о полноценности жира дает характеристика соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (ПНЖК+МНЖК):НЖК – 2,3:1 (Левачев, 1980, Липатов и др., 2001).

Для проведения исследования нами приготовлены образцы формованных изделий из дальневосточной красноперки и кефаль-лобана с добавлением компонентов растительного происхождения, специй и других ингредиентов (табл. 1).

Качественный состав и количественное содержание жирных кислот формованных изделий из дальневосточной красноперки и кефаль-лобана представлен в табл. 2.

Анализ жирно-кислотного состава липидов рыбных формованных изделий, представленный в табл. 1, показывает, что общее количество полиненасыщенных жирных кислот колеблется от 13,79 (рецептура № 7) до 45,00 % (рецептура № 6). Основное процентное содержание среди ПНЖК во всех рецептурах приходится на линолевую кислоту: от 8,32 (рецептура № 9) до 42,68 % (рецептура № 6). В рецептурах № 7 и 9 с добавлением шпика самое низкое содержание ПНЖК 13,79 и 17,70 % соответственно. Содержание линоленовой кислоты составляет 0,28-0,88 %, арахидоновой – 0,20-1,10 %, небольшое содержание этой кислоты в исследуемых образцах восполняется из незаменимой омега-6 ненасыщенной линолевой жирной кислоты, среднее содержание которой в большинстве образцов превышает 30 %. В клеточных мембранах человека линолевой кислоты содержится в сред-

нем в 10 раз больше, чем омега-3 ненасыщенной  $\alpha$ -линоленовой жирной кислоты, что доказывает критическую важность линолевой кислоты и всего класса омега-6 ненасыщенных жирных кислот для нормального функционирования клеточных и субклеточных мембран. Наиболее оптимальное соотношение, по справочным данным ФАО/ВОЗ, линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот в рецептурах № 7 и 9.

Суммарное количество жирных кислот (МНЖК) для формованных изделий составляет от 33,48 (рецептура № 6) до 51,08 % (рецептура № 7). Основной мононенасыщенной кислотой является олеиновая, минимальное содержание которой составляет 30,68 % (рецептура № 6), максимальное – 44,17 % (рецептура № 4). Высокое содержание олеиновой кислоты является положительным фактором в увеличении сроков хранения готового продукта, также она участвует в построении биологических мембран и в значительной степени определяет свойства этих липидов.

Таблица 1

**Рецептура приготовления формованных изделий из дальневосточной красноперки и кефаль-лобана (котлет и сосисок)**

Table 1

**Recipe preparation of molded articles from the Far East the redeye and striped mullet (cutlets and sausages)**

Компоненты, кг на 100 кг	Номер рецептуры									
	Котлеты					Сосиски				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дальневосточная красноперка	52,5	39,0	35,0	51,0	60,0	83,5	-	20,0	40,6	71,2
Кефаль-лобан	-	19,0	20,0	-	-	-	67,9	35,2	40,6	-
Лук репчатый свежий	4,0	5,0	5,0	3,0	4,0	4,0	-	-	-	-
Чеснок	-	1,7	1,0	-	1,0	-	0,3	-	-	0,5
Морковь	-	-	1,0	-	3,0	-	5,0	-	-	-
Свекла	-	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Перец черный молотый	0,2	0,2	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	0,2
Перец душистый молотый	-	0,1	0,2	-	-	-	0,05	-	0,2	0,1
Перец красный молотый	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,2	-
Мускатный орех молотый	-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-
Соль поваренная пищевая	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Сахар	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7	0,9	0,5
Панировка из пивной дробины	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-
Мука из дробины	3,0	-	-	-	-	-	3,0	3,0	-	-
Вода	5,0	6,0	4,0	6,0	5,0	5,0	7,5	10,0	10,0	14,0
Яичный порошок	3,0	4,0	3,0	3,5	-	-	2,0	2,0	2,0	2,0
Картофель	-	3,0	-	10,0	-	-	-	-	-	-
Кукумария	-	-	-	-	16,5	-	-	-	-	-
Капуста белокочанная	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-
Перец сладкий	-	2,6	2,0	-	-	-	-	-	-	-
Грибы лесные	-	-	14,0	-	-	-	-	12,0	-	-
Молоко сухое	-	-	-	3,0	-	-	2,0	2,0	1,0	-
Сыр	-	-	3,0	-	-	-	-	3,0	-	-
Творог	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Масло оливковое	-	5,0	3,0	6,0	4,0	-	-	-	-	-
Масло сливочное	6,0	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
Масло растительное	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	10,0
Шпик	-	-	-	-	-	-	10,0	-	14,0	-

Таблица 2

**Состав жирных кислот формованных изделий  
из дальневосточной красноперки и кефаль-лобана**

Table 2

**The fatty acid composition of molded products from the Far East redeye and mullet**

Жирные кислоты	Содержание жирных кислот, % от суммы жирных кислот									
	Номер рецептуры									
	Котлеты					Сосиски				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Насыщенные</i>	22,49	24,20	21,49	16,34	13,96	14,82	34,38	25,67	33,41	22,83
10:0	0,11	0,09	0,12	-	-	-	-	0,19	-	-
12:0	1,08	1,21	0,72	0,15	-	-	0,05	0,49	0,07	-
14:0	1,15	1,18	1,17	0,4	0,47	0,47	1,03	2,17	1,32	0,82
15:0	0,15	0,14	0,15	0,10	0,16	0,10	0,17	0,33	0,28	0,14
15:0 – iso	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-
16:0	15,31	16,91	14,89	11,62	8,93	10,58	22,99	16,72	22,03	16,16
16:0 – iso	-	-	-	-	0,06	-	-	0,06	0,1	-
17:0	0,13	0,13	0,12	0,11	0,15	0,09	0,37	0,19	0,42	0,20
17:0 – iso	0,12	0,08	-	0,08	0,20	-	-	0,12	0,15	0,10
17:0 – aiso	0,11	0,07	-	0,07	0,15	-	0,05	0,13	0,19	0,12
18:0	4,07	4,16	4,06	3,51	3,46	3,32	9,54	5,04	8,62	5,07
18:0 – iso	-	-	-	-	0,07	-	-	-	0,06	-
20:0	0,26	0,23	0,26	0,30	0,25	0,26	0,18	0,23	0,17	0,22
<i>Мононенасыщенные</i>	35,32	35,28	44,49	48,07	42,83	38,48	51,08	34,46	48,43	41,89
14:1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-
16:1n-7	1,34	1,70	1,62	1,36	2,33	1,39	2,84	1,74	4,37	3,85
16:1n-?	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-
17:1n-9	0,13	0,16	0,17	0,12	0,19	0,16	0,59	0,29	0,64	0,46
18:1n-11	0,06	0,06	-	-	0,14	-	0,10	0,06	0,19	-
18:1n-9	31,50	31,23	40,73	44,17	36,81	35,68	43,14	30,26	37,63	32,72
18:1n-7	1,33	1,39	1,47	1,55	2,23	0,90	3,11	1,52	3,91	2,95
18:1n-5	0,05	-	-	0,06	0,09	-	0,10	0,12	0,14	-
19:1	-	-	0,06	0,07	-	0,06	0,19	-	-	0,27
20:1n-11	0,34	0,25	0,18	0,27	0,55	0,08	0,05	0,21	0,39	1,11
20:1n-9	0,32	0,25	0,26	0,31	0,43	0,21	0,96	0,26	0,99	0,53
20:1n-7	0,25	0,24	-	0,16	0,06	-	-	-	0,06	-
<i>Полиненасыщенные</i>	41,02	39,67	32,81	34,61	41,80	45,00	13,79	38,23	17,70	31,91
16:2n-4	0,05	0,07	0,08	-	0,10	-	0,08	0,12	0,16	-
16:3n-3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-
16:4n-1	-	-	-	-	-	-	0,08	0,05	0,07	-
18:2n-9	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,11	-
18:2n-6	38,18	36,86	31,03	32,45	36,20	42,68	9,27	34,28	8,32	27,18
18:2n-4	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-
18:3n-6	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
18:3n-3	0,28	0,29	0,36	0,35	0,29	0,88	0,58	0,36	0,52	0,60
18:4n-3	-	-	-	-	-	0,14	0,05	0,06	0,10	0,06
20:2n-6	0,08	-	-	-	0,15	-	0,42	0,11	0,48	0,84
20:3n-6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-
20:3n-3	-	-	-	-	-	-	0,09	-	0,6	-
20:4n-6	0,29	0,41	0,25	0,26	0,51	0,20	0,69	0,50	1,10	0,48

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20:4n-3	-	-	-	-	0,14	-	-	0,08	0,22	-
20:5n-3	0,91	1,04	0,66	0,78	1,83	0,60	1,06	1,21	2,67	1,47
22:4n-6	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-
22:4n-3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	-
22:5n-3	0,23	-	-	-	0,49	0,28	0,31	0,27	0,54	0,27
22:6n-3	1,00	0,94	0,43	0,77	2,09	0,22	0,94	1,13	2,43	1,01
Сумма жирных кислот	98,83	99,15	98,79	99,02	98,59	98,30	99,25	98,36	99,54	96,63
$\omega$ -3	2,42	2,27	1,45	1,90	4,84	2,12	3,03	3,11	7,36	3,42
$\omega$ -6	38,55	37,33	31,28	32,71	36,86	42,88	10,48	34,89	10,00	28,50

Сумма насыщенных жирных кислот в представленных образцах составляет 13,96-34,38 %, основной насыщенной кислотой является пальмитиновая (С16:0). Данная кислота способствует активизации синтеза собственных коллагена, эластина, гликозаминогликанов и гиалуроновой кислоты. Таким образом, происходит обновление межклеточного вещества дермы.

Из представленных в табл. 2 образцов наибольшее количество  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) находится в рецептуре № 9 (7,36 %), а наименьшее (1,45 %) – в рецептуре № 3, что в 5 раз меньше. При этом сумма  $\omega$ -6 ПНЖК в формованных изделиях составляет 10,00-42,88 %. Содержание эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот семейства  $\omega$ -3 колеблется в пределах 0,60-2,67 % и 0,22-2,43 % соответственно. При этом наибольшее содержание данных кислот приходится на рецептуру № 9, наименьшее – на рецептуру № 6.

Для нормального функционирования организма человека очень важно оптимальное соотношение в пище полиненасыщенных жирных кислот омега-6 и омега-3 типа, которое должно составлять 10:1. В представленных образцах наиболее оптимальное соотношение  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 составляет 11,2:1 в рецептуре № 8, а также 8,3:1 – в рецептуре № 10. Для остальных образцов соотношение  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 выше рекомендуемых значений (кроме образцов № 6 и № 9). Возможно, это связано с высоким содержанием линолевой кислоты, входящей в состав растительного масла, добавленного в рецептуры.

Суммарное количество жирных кислот (ПНЖК)  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 семейства для образцов составляет: минимальное – 13,51 %, максимальное – 45,00 %. Согласно нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах (Нормы ..., 2008), употребление в пищу разработанной формованной рыбной продукции поможет повысить уровень потребления жирных кислот  $\omega$ -3 семейства, так как их содержание составляет от 1,45 до 7,36 % от суммы всех жирных кислот.

Для количественной оценки соответствия жирно-кислотного состава липидов потребности организма в жирных кислотах использовали отношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Как показали результаты анализа, отношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот – (ПНЖК+МНЖК): НЖК – в формованных изделиях из кефаль-лобана и дальневосточной красноперки составляет: минимальное – 1,8:1 (рецептура № 7), максимальное – 6,0:1 (рецептура № 5), наиболее приближено к оптимальному соотношению 2,0:1 в рецептуре № 9, что говорит о полноценности жира.

Формованные изделия, составленные по рецептурам 7 и 9, наиболее максимально близко приближены к эталону ФАО/ВОЗ по содержанию линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот, а также по рекомендуемому соотношению НЖК, МНЖК и ПНЖК. На основании проведенных экспериментов и полученных данных можно утверждать, что разработанные рыбные формованные изделия имеют высокую биологическую эффективность и при потреблении могут обеспечивать здоровое функционирование организма.

### Список литературы

1. Мглинец А.И., Ловачева Г.Н., Алешина Л.М. Справочник технолога общественного питания. – М.: Колос, 2000.
2. Сторожук П.Г. Гидролитическое расщепление белковых продуктов животного происхождения протеолитическими ферментами желудочно-кишечного тракта // Вопр. питания. – 1970. – № 4. – С. 3-8.
3. Липатов Н.Н., Башкиров О.И., Геворгян А.Л. Анализ алиментарной адекватности жировых компонентов перспективных видов сырья, балансирующего продукты питания детей в возрасте до 10 лет // Научные и конкурентоспособные технологии продуктов питания со специальными свойствами: сб. науч. тр. (г. Углич, ВНИИМС). – М., 2003. – С. 255-258.
4. Акулин В.Н., Швидкая З.П., Блинов Ю.Г. и др. Консервированные продукты из лососевых – источник полиненасыщенных жирных кислот в питании человека // Изв. ТИНРО. – Владивосток, 1995. – Т. 118. – С. 48-54.
5. Трофимчук Г.Д., Первуинская Т.А. Изменение жирно-кислотного состава липидов рыбы при хранении // Рыб. хоз-во. – 1971. – № 9. – С. 50-51.
6. Лещанская О. Роль транзисомеров жирных кислот в жизнедеятельности человека глазами химика, специалиста по питанию и кардиолога // Пищ. пром-сть. – 2003. – № 7. – С. 54-55.
7. Поверин А.Д. Полиненасыщенные жиры – важнейший компонент продуктов функционального питания // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 7. – С. 35-38.
8. Левачев М.М. Роль липидов пищи в обеспечении процессов жизнедеятельности организма // Вопр. питания. – 1980. – № 2.
9. Липатов Н.Н., Сажинов Г.Ю., Башкиров О.И. Формализованный анализ аминокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования детского питания с задаваемой пищевой адекватностью // Хранение, переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 11.
10. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рекомендации МР 2.3.1.2432-08 приняты Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). 18.12.2008 г.
11. Jurkowski M., Brockerhoff H. Lysolecithinase of cod muscle // J. Fish. Res. Bd Canada. – 1965. – № 22. – P. 643-652.

**Сведения об авторах:** Волотка Федор Борисович, аспирант, e-mail: volotka@bk.ru;  
Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор;  
e-mail: pro\_ur@dalrybvtuz.ru.