

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENS

### IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПИЩЕВАЯ И МОРСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»

### IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "FOOD AND MARINE BIOTECHNOLOGY"

<i>Алимова А.О., Мезенова О. Я.</i> Оценка состояния рыбоперерабатывающей отрасли рыбохозяйственного комплекса Калининградской области за последние 5 лет.....	3
<i>Базарнова Ю.Г., Аронова Е.Б.</i> Совершенствование образовательных программ подготовки специалистов в сфере биотехнологий .....	8
<i>Баротова М.А., Мезенова О.Я.</i> Обоснование использования мясокостного рыбного сырья в технологии функциональных продуктов остеотропной направленности.....	13
<i>Вихров Д.В.</i> Обогащенная вареная колбаса с пониженным содержанием нитрита натрия .....	18
<i>Дамбарович Л.В., Агафонова С.В.</i> Жир из вторичного сырья скумбрии в технологии обогащенных эмульсионных продуктов .....	24
<i>Дысин А.П.</i> Новые антибактериальные пищевые покрытия на основе смесей производных хитозана.....	29
<i>Журавлева О.В.</i> Исследование пребиотического потенциала альгината натрия и продуктов его гидролиза.....	40
<i>Исакова Т.С., Исаченко В.В.</i> Обоснование технологии желеино-фруктового мармелада, обогащенного водорослью <i>Spirullina platensis</i> .....	46
<i>Ким А.Г., Слуцкая Т.Н., Шадрина Е.В.</i> Ресурсосберегающие технологии при получении продукции из морского огурца – трепанга ( <i>APOSTICHOPUS JAPONICUS</i> ).....	54
<i>Ключко Н.Ю., Фартышева А.Л., Филиппова Д.В., Позднякова Д.В.</i> Исследование по совершенствованию мягких сыров .....	58
<i>Король С., Мезенова О.Я.</i> Исследование по технологии биопродукта, предназначенного для повышения стрессоустойчивости организма.....	63
<i>Кострикова Н.А., Дектярев А.В., Яфасов А.Я.</i> Использование аддитивных технологий в рыбной отрасли.....	68
<i>Лютлова Е.В., Саватеева П.Д.</i> О совершенствовании технологии пшеничного хлеба путем обогащения облепиховым шротом .....	80
<i>Макеева А.В., Ключко Н.Ю.</i> Исследование аминокислотного состава белков речного окуня ( <i>perca fluviatilis</i> ).....	85
<i>Мезенова О.Я., Мезенова Н.Ю., Агафонова С.В., Байдалинова Л.С., Волков В.В., Андреев М.П., Саускан В.И.</i> Исследование гидролиза коллагенсодержащего рыбного и мясного сырья высокотемпературным методом .....	89
<i>Муравьева Н.А., Байдалинова Л.С.</i> Использование порошка из топинамбура в технологии производства мясных рубленых полуфабрикатов .....	95
<i>Некрасова Ю.О., Мезенова О.Я.</i> Моделирование и оптимизация рецептуры батончиков-снеков для спортивного питания с использованием вторичного пищевого сырья.....	105
<i>Нигматуллина И.М., Агафонова С.В.</i> Оптимизация процесса ферментативного гидролиза вторичного яблочного сырья.....	113
<i>Орлов И.О., Землякова Е.С.</i> О возможности получения и использования экзогенных гликозаминогликанов в технологии продуктов функционального назначения.....	119

<i>Пивненко Т.Н., Карпенко Ю.В., Есипенко Р.В.</i> Исследование процессов осмотической дегидратации мышечной ткани макруруса малоглазого с использованием поликомпонентных растворов.....	126
<i>Рожнов Е.Д., Неклюдов А.А., Казарских А.О.</i> Исследование стабильности аскорбиновой кислоты в технологии соков из облепихи .....	133
<i>Степанова К.А., Байдалинова Л.С.</i> Анализ рынка мясных паштетов и пути повышения их биологической ценности.....	141
<i>Ямченко Т.В., Землякова Е.С.</i> Технология производства жевательного мармелада на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья .....	149

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ**

Алимова Анна Олеговна, студентка 2 курса направления «Биотехнология»  
Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: alimovaanna38@gmail.com; mezenova@klgtu.ru

*Рассмотрено современное состояние рыбохозяйственного комплекса Калининградской области за последние 5 лет (2015-2019 гг.). Выявлены основные особенности, преимущества и негативные факторы, влияющие на функционирование рыбной отрасли региона. Рекомендованы действия, потенциально направленные на устранение выявленных проблем и развитие отрасли. Обоснованы перспективы внедрения в рыбоперерабатывающую сферу морской биотехнологии и необходимость государственной поддержки в части разработки программ и их инвестиций.*

Калининградская область – это уникальный эксклавный регион Российской Федерации. Она всегда представляла большой интерес для страны из-за своего выгодного экономико-географического расположения. Доступ к Балтийскому морю выгоден не только стратегически, но и экономически.

В современных условиях рыбная отрасль играет значимую роль в продовольственном обеспечении страны. Калининград - одна из основных рыболовных баз нашего государства. На область приходится 10 % годового улова рыбы и 10,4 % годового производства рыбных консервов страны.

Именно рыбная промышленность является одной из лидирующих отраслей промышленности в Калининградской области, а предприятия этой отрасли можно отнести к градообразующим. В масштабах региона на рыбохозяйственный комплекс приходится треть всей промышленности. Такое масштабирование обосновано значительными объемами природных водоемов.

Помимо рыбной ловли в экономике Калининградской области значимое место занимает производство рыбной продукции. Одним из лидеров производства являются производители рыбных консервов, которые поставляются не только в Россию, но и страны СНГ. Кроме того, в значительных объемах выпускается замороженная, слабосоленая и соленая рыба.

Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области имеет масштабный флот, который занимается океаническим и прибрежным ловом рыбы. Общее количество судов, занимающихся добычей рыбы, относящихся к Калининградскому рыбному порту, составляет 60 единиц при общей вместимости 155 702 тонн.

Из всех организаций, входящих в рыбохозяйственный комплекс Калининградской области, 72% занимаются добычей рыбы и морепродуктов, а также их обработкой; 5%- ремонтом судов; 4,6%- приемом и транспортировкой рыбной продукции; 4%- научными исследованиями в этой области и 14,4% обслуживанием судов в порту, подготовкой специалистов и др. Более 20 тысяч человек занято в региональном рыбохозяйственном комплексе [1].

Чтобы более точно представить положение, в котором находится региональный рыбохозяйственный комплекс Калининградской области, необходимо рассмотреть наиболее значимые сферы его деятельности.

Вылов рыбы осуществляется во внутренних водоемах Калининградской области, в рыболовной зоне России, которая включает в себя подрайоны Балтийского моря, Калининградский и Куршский заливы, в 200-мильных прибрежных водах зарубежных государств и в открытой части океана (таблица 1).

Таблица 1

**Улов рыбы и добыча других водных биоресурсов по районам промысла**

Показатели	2014г.		2015г.		2016г.		2017г.		2018г.		2019г.	
	тыс. тонн	в % к итогу	тыс. тонн	в % к итогу	тыс. тонн	в % к итогу	тыс. тонн	в % к итогу	тыс. тонн	в % к итогу	тыс. тонн	в % к итогу
Всего улов	205.2	100.0	226.5	100.0	219.3	100.0	253.7	100.0	254.8	100.0	256.0	100.0
в том числе:												
-внутренние водоёмы	6.4	3.1	6.8	3.0	7.4	3.4	6.2	2.5	5.3	2.1	6.7	2.6
-рыболовная зона России	35.6	17.3	45.1	19.8	37.2	16.8	39.0	15.4	45.8	17.8	43.5	17.0
-200-мильные прибрежные воды зарубежных государств	69.3	33.8	62.7	27.8	55.4	25.3	68.2	26.9	82.7	32.5	62.9	24.7
-открытая часть океана	94.2	45.9	111.9	49.4	119.4	54.4	140.4	55.3	121.1	47.5	142.9	55.8

Несмотря на то, что абсолютный улов в 2019 по сравнению с 2015 годом увеличился по «открытой части океана» и «200-мильных прибрежных водах зарубежных государств», в относительной величине к общему улову прирост произошел только по «открытой части океана» на 12,96%. Во всех остальных районах промысла произошла убыль улова.

Наибольшую долю добытой рыбы занимает вылов в открытой части океана. Удельный вес за 5 лет колеблется в пределах от 49,4% в 2015 году до 55,8% в 2019 году [2,3,4,5].

Благодаря тому, что вылов рыбы осуществляется в разных типах водных пространств, Калининградский рыбохозяйственный комплекс имеет достаточно обширную сырьевую базу по структуре добываемых водных биологических ресурсов (биоресурсов). За последние 5 лет (2015-2019 г.) структурная сырьевая база существенных изменений не претерпела (таблица 2). Среднегодовой вылов рыбы за анализируемый период составил 242,07 тысяч тонн.

Таблица 2

**Улов рыбы и добыча других водных биоресурсов по видам (тонн)**

	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.
Всего улов рыбы:	205179.9	226579.0	219334.7	253685.1	254783.8	255969.8
в том числе:						
Сельдь	21346.8	16777.4	17432.6	30981.4	23082.1	30295.6
Сардины	223.4	-	290.1	886.0	231.3	60.5
Килька	15413.6	21822.5	23726.6	25991.3	27621.5	29150.3
Салака	8539.22	11369.5	12437.9	9670.7	11836.9	12249.2
Угорь	3.8	4.7	6.1	11.5	10.8	8.4
Зубатка	73.4	66.1	91.0	124.1	104.7	75.0
Скумбрия	65907.8	69307.9	68023.7	83649.6	73414.5	75115.0
Окунь морской	13297.4	15186.3	19012.0	15998.3	16377.7	17940.6
Ставридовые	1001.4	129.4	1196.6	2808.0	3378.0	3647.6
Мойва	6549.9	9920.3	-	-	18183.0	-
Тунец	-	-	387.2	14.3	1041.7	69.7
Камбала	872.4	91.6	947.4	1153.2	1255.1	1134.1
Палтус	432.4	421.4	480.8	417.0	413.8	327.2
Тресковые	68099.8	76873.5	71435.6	77686.6	73177.8	79273.4
Судак	456.2	461.4	395.8	386.6	340.9	374.5
Лещ	1366.1	1265.1	1546.4	1490.7	1318.5	1365.3
Щука	8.6	9.1	10.3	12.1	7.3	13.1
Сиговые	0.5	1.5	1.8	3.1	2.1	4.3
Прочая рыба	1587.5	2046.8	1913.0	5208.8	2986.3	4241.3

За исключением 2016 года, прослеживается тенденция к увеличению общего вылова рыбы по сравнению с предыдущим годом. В общем, прирост добычи рыбных биоресурсов в период с 2015 по 2019 годов составил 29,39 тысяч тонн или 12,97%.

Основными объектами промысла в период с 2015 по 2019 года являлись:

1. Сельдь (вылов в 2019 г. увеличился на 13518,2 тонн или на 80,6% по сравнению с 2015 г.).
2. Килька (вылов в 2019 г. увеличился на 7327,8 тонн или на 33,57% по сравнению с 2015 г.).
3. Морской окунь (вылов в 2019 г. увеличился на 2754,4 тонн или на 18,13% по сравнению с 2015 г.)
4. Скумбрия (вылов в 2019 г. увеличился на 5807,2 тонн или на 8,37% по сравнению с 2015 г.).
5. Тресковые рыбы (вылов в 2019 г. увеличился на 2399,9 тонн или на 3,12% по сравнению с 2015 г.)

Сокращение вылова произошло по следующим видам рыб:

1. Палтус (вылов в 2019 г. уменьшился на 94,1 тонн или на 22,34% по сравнению с 2015 г.).
2. Судак (вылов в 2019 г. уменьшился на 86,9 тонн или на 18,84% по сравнению с 2015 г.).

В 2019 году в Калининградской области переработкой рыбы занимались более 60 организаций, предприятий и индивидуальных предпринимателей [2,3,4,5].

Объем произведенной за 2019 год рыбы и морепродуктов по типам предприятий распределен следующим образом:

- крупные и средние предприятия – 85,8% ;
- малые (включая микропредприятия) – 11,0%;
- индивидуальные предприниматели – 3,2% .

Доля рыбной продукции, произведенной в 2019 году малыми предприятиями и индивидуальными предпринимателями, по сравнению с 2018 годом снизилась на 2,0% и на 3,0% соответственно. Напротив, в 2019 году по сравнению с 2018 годом удельный вес крупных и средних предприятий в производстве рыбной продукции увеличился на 5,0% и составил 85,8% [5].

Производство переработанных и консервированных рыбных продуктов, рыбы за последние 5 лет снизилось на 2,93% или на 10,64 тыс. тонн (таблица 3).

Таблица 3

### Производство отдельных видов рыбной продукции (тонн)

Показатели	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.
Рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные	357283.4	362970.4	341486.7	369738	370874.7	352329.3
Филе рыбное, мясо рыбы прочее, печень, икра и молоки рыбы свежие и охлажденные	9415.1	9620	9737.3	232581.8	229029.2	217197.8
Рыба мороженая, печень, икра и молоки рыбы мороженое	175251.4	197098.4	182656.8	231624.4	228147.9	216139
Филе рыбное мороженое	785.1	182.9	374.4	686.1	768	868.1
Сельдь мороженая	23916.1	18970.6	18455.7	32969.5	22267.8	30188.8
Рыба соленая	1689.8	1155.3	904.7	2530.8	1906.7	1013.2
Рыба копченая	1678.7	1461.3	1217.5	1291.9	1144.2	1213
Продукты из рыбы (кулинарные изделия)	61036.4	45526.6	47491.5	51643.6	52383.3	51061
Икра	382.1	747.2	514.4	231.9	114.2	83.7

Основными направлениями переработки рыбы являются производство групп продукции типа «филе рыбное, мясо рыбы и прочее, печень, икра и молоки рыбы свежие и охлажденные» и «рыба мороженая, печень, икра и молоки рыбы мороженые».

Анализ приведенных цифр показывает, что в 2019 г. в 22,6 раза увеличилось производство продукции группы «Филе рыбное, мясо рыбы прочее, печень, икра и молоко рыбы свежие и охлажденные». Также возросло производство продукции по позициям: «Рыба мороженая, печень, икра и молоки рыбы мороженые» - на 9,7%, «Филе рыбное мороженое» - в 4 раза, «Сельдь мороженая» - на 59,1% и «Продукты из рыбы» - на 12,2%. Таким образом, наблюдается повышение производства продукции с минимальной степень обработки (замораживание). По остальным группам производства наблюдается некоторый спад объемов выпуска продукции. Особенно значимым является значительное сокращение выпуска пресервов (на 82,7%).

Производство консервированной стерилизованной продукции «Консервы рыбные в масле» занимает самый большой объем от всех выпускаемых консервов. Следующую количественную позицию занимают «Консервы рыбные в томатном соусе» и «Консервы рыбные натуральные». Таким образом, по сравнению с 90-ми годами имеет место существенное изменение в соотношении ассортимента консервов. Ранее лидерами выпуска и продаж консервов являлись консервы натуральной группы, требующие минимальной обработки, но не всегда отвечающие высоким требованиям к качеству потребителя. Консервы масляной группы – лидеры продаж сегодняшнего дня, имеют более высокие потребительские свойства.

За последние 5 лет производственные мощности действующих предприятий и организаций рыбохозяйственного комплекса Калининградской области использовались недостаточно. Мощности добывающих предприятий и организаций по производству замороженной рыбы максимально были загружены на 47,1% в 2018 году. А мощности по выпуску рыбных консервов всех видов максимально использовались на 62,7%, пресервов - на 35,0% в 2016 году.

Среди предприятий, задействованных в рыбопромышленном комплексе Калининградской области, наибольший уровень загрузки мощностей имел место в АО «Атлантрибфлот», ООО «Балтийский консервный завод» и ООО РК «За Родину» [2,3,4,5].

На территории Калининградской области добывается и перерабатывается значительное количество рыбы, поэтому региональный рыбохозяйственный комплекс имеет существенное значение в обеспечении рыбной продукцией населения не только собственного региона, но и всей России.

За период с 2015 по 2019 гг. наблюдается спад вывоза рыбной продукции за пределы Калининградской области на 19,49%. При этом, в течение этих 5 лет вывоз то увеличивался, то уменьшался по сравнению с предыдущими годами (таблица 4).

Таблица 4

#### Динамика вывоза (продажи) рыбной продукции

Показатели	2015	2016	2017	2018
Рыба и переработанные рыбные продукты (без рыбных консервов и пресервов) - всего, тыс. тонн	141.7	149.9	95.9	114.0
Рыбные консервы - всего, млн. усл. банок	153.6	122.8	116.3	124.3

По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области наибольшие объемы рыбной продукции вывозились в Северо-Западный федеральный округ (наибольший 88,3% в 2017 году). По вывозу рыбных консервов среди регионов РФ доминировал Центральный федеральный округ (наибольший 85,2% в 2016 году).[2,3,4,5]

За пределы Калининградской области больше стали вывозить ракообразных и моллюсков, готовой и консервированной рыбопродукции, мороженой рыбы. Увеличился спрос иностранных государств на рыбное филе, на сушеную и копченую, соленую рыбу, произведенных в России.

Сейчас первостепенными странами, где российская рыбная консервация пользуется большим спросом, являются Беларусь и Казахстан. Страны, импортирующие в Россию рыбную продукцию, это Индия, Эквадор, Вьетнам, Китай.

Экспорт и импорт рыбной продукции в течение 5 лет (2015-2019 гг.) остается приблизительно на одном уровне в денежном выражении. За анализируемое время экспорт и импорт то увеличивался, то уменьшался по сравнению с предыдущими годами (таблица 5)

Таблица 5

#### Экспорт и импорт (тыс. долларов США)

Показатели	2016		2017		2018		2019	
	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт
Рыба, ракообразные, моллюски и прочие водные беспозвоночные	19255.4	129611.4	19732.2	162943.8	16795.0	171315.8	18844.0	191702.4
Готовая или консервированная рыба; икра осетровых и ее заменители, изготовленные из икринок рыб	6862.2	5373.4	10512.2	3991.9	18950.6	15187.2	10650.3	6014.2

Существенное влияние на потребление рыбы и морепродуктов оказывают особенности вкусов, исторические традиции народного потребления, социальная принадлежность и платежеспособность населения.

За последние 5 лет объём потребления рыбной продукции у жителей Калининградской области практически не изменился. Но расходы на рыбные продукты питания в среднем увеличились на 35,5 рублей в месяц на одного человека. Это связано с ежегодным увеличением цен на рыбу [2,3,4,5].

Проанализировав выше изложенную информацию, можно сделать вывод, что рыбная промышленность – перспективный и результативный сектор экономики Калининградской области. Но, несмотря на данный факт, «слабые стороны» как были, так и остаются.

Безусловно, присутствуют проблемы, которые оказывают существенное негативное влияние на функционирование отрасли в целом. Однако, хочется выделить именно те проблемы, которые оказывают неблагоприятное влияние в современных экономических условиях. В качестве примера таких проблем были выделены следующие:

- значительные затраты на производственный процесс (риски, связанные с природными особенностями, трудоёмкость производственного процесса, ростом цен на топливо);

- малая финансовая поддержка (затраты, связанные с выловом, переработкой и транспортировкой рыбной продукции, не покрываются в полном объёме. Это ведёт к следующей проблеме: старение флота. Средств не хватает даже на текущий ремонт судов, не то, что на покупку новых. В зависимости от возможного объёма вылова рыбы окупаемость судов варьируется от 6 до 8 лет);

- проблемы экологии (промышленные отходы, выбросы с судов, последствия аварий и т.п. влекут за собой негативные последствия, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на экосистеме водоёмов. Например, уменьшаются запасы основных промысловых рыб) [6, 7].

**Заключение.** Анализ деятельности рыбохозяйственного комплекса Калининградской области говорит о наличии значительного потенциала для развития этого сектора экономики. Изучение существующих проблем объективно доказывает, что у рыбной отрасли региона имеются перспективные направления развития. Одним из наиболее рациональных направлений, связанных с переработкой водных биологических ресурсов, является морская биотехнология, позволяющая комплексно использовать биопотенциал ценного рыбного сырья, получать не только пищевую, но кормовую, фармацевтическую, техническую продукцию при комплексной переработке всех видов тканей рыбы, включая так называемые вторичные (или отходы).

Сама по себе рыбная отрасль, как показывает мировая практика, конкурентоспособна. Но, сначала нужно выйти из затянувшегося кризиса. А для этого необходима государственная поддержка, поскольку без серьёзных инвестиционных вложений в существующие мощности рыбопромышленный комплекс области не в состоянии не только восстановить прежние позиции, но и даже сохранить нынешние.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малова, М. Н. Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области: настоящее и будущее / М. Н. Малова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2014. – № 7.1 (66.1). – С. 55-57.

2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области: Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области. – Калининград. – 2017. – С. 6-8, 10-16.

3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области: Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области. – Калининград. – 2018. – С. 7-14, 17.

4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области: Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области. – Калининград. – 2019. – С. 8-13, 16.

5. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области: Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области. – Калининград. – 2020. – С. 7-15, 17.

6. Колчанова, А. Н. Особенности развития рыбопромышленной отрасли в Калининградской области, влияние таможенной политики и таможенного регулирования / А.Н. Колчанова, А. И. Харитоненко, Е. И. Шабалина. – Текст: непосредственный // Вопросы экономики и управления. – 2016. – № 3.1 (5.1). – С. 6-11.

7. [Электронный ресурс] Федеральное агентство по рыболовству. // Электрон. дан. Режим доступа URL:<http://zbtu39.ru/>

## **ASSESSMENT OF THE STATE OF THE FISH PROCESSING INDUSTRY IN THE KALININGRAD REGION FOR THE LAST 5 YEARS**

Alimova Anna Olegovna, 2nd grade, specialty "Biotechnology"

Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: [alimovaanna38@gmail.com](mailto:alimovaanna38@gmail.com); [mezenova@klgtu.ru](mailto:mezenova@klgtu.ru)

*The current state of the fishery complex of the Kaliningrad region over the past 5 years (2015-2019) has been considered. The main features, advantages and negative factors, which influence the functioning of the fishing industry in the region, have been revealed. Actions, that can potentially eliminate the identified problems and developing the industry, have been recommended. Prospects for the introduction of marine biotechnology into the fish processing sphere and the need for state support in terms of developing programs and their investments, have been substantiated.*

УДК 378.046.4

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ**

Базарнова Юлия Генриховна, д-р техн. наук, профессор, директор

Высшей школы биотехнологий и пищевых производств

Аронова Екатерина Борисовна, канд. техн. наук, доцент, доцент

Высшей школы биотехнологий и пищевых производств

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,

Санкт-Петербург, Россия, e-mail: [aronovae@inbox.ru](mailto:aronovae@inbox.ru)

*Подтверждена актуальность разработки новых образовательных программ по заказу предприятий, которые совместно проектируются, реализуются и совершенствуются с учетом интересов как компаний, так и высших учебных заведений. В качестве примера описан международный образовательный ресурс в области контроля качества пищевой продукции и ветеринарной экспертизы пищевого сырья, кормов и готовой пищевой продукции. Показана трансформация разработанного ресурса в образовательную программу уровня магистратуры «Биологическая безопасность продовольственного сырья».*

Одной из положительных сторон биотехнологического образования в России является взаимосвязь подготовки по основным образовательным программам бакалавриата и магистратуры с передовыми научными трендами. Многие вузы Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Ка-



зани, реализующие образовательные программы по направлению «Биотехнология», имеют базу практики студентов в научных учреждениях Российской Академии наук [1].

Среди недостатков образовательных программ подготовки биотехнологов стоит выделить формальное декларирование компетентного подхода без реального развития системы квалификационной оценки результатов обучения и формируемых компетенций. К другим недостатком биотехнологического образования в нашей стране можно отнести приверженность традиционным методам обучения и контроля знаний, то есть проведение занятий только в виде лекций и практикумов, а аттестации – в формате зачетов и экзаменов.

В Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. сказано, что модернизация сферы образования возможна с помощью внедрения практико-ориентированных и гибких образовательных программ [2].

Развитие промышленного производства в стране неотрывно связано с внедрением технологий нового поколения, которые позволяют получать материалы и процессы с заданными свойствами и параметрами через воздействия на микроуровне. Для разработки и внедрения подобных технологий, безусловно, необходима организация системы подготовки квалифицированных кадров.

Образовательные программы, разрабатываемые для производственных компаний по их прямому заказу, призваны готовить кадровое сопровождение инвестиционных проектов через подготовку (переподготовку/повышение квалификации) специалистов, которым предстоит осваивать, разрабатывать и управлять новыми технологическими процессами. Новые биотехнологии очень часто сочетают в себе инновационные технологические решения, что влечет необходимость подготовки высококвалифицированных кадров.

Отличительной особенностью разработанных образовательных программ по заказу предприятий является факт, что такие программы совместно проектируются, реализуются и совершенствуются с учетом интересов компаний и образовательных структур. Можно выделить несколько этапов разработки подобных программ:

- 1) Анализ предприятием дефицита кадров с требуемыми для производства компетенциями.
- 2) Разработка образовательной программы, в которой ряд компетенций формулируется непосредственно работодателем. При этом компания предлагает для программы перечень дисциплин, которые, на ее взгляд, обеспечат формирование необходимых компетенций.
- 3) Апробация разработанной программы на пилотной группе учащихся.
- 4) Анализ апробации и доработка образовательной программы.

Каждый из этих этапов включает определенные образовательные технологии, позволяющие достигать требуемого результата.

Практика подготовки кадров высшей квалификации требует разработки образовательных программ двух видов – основных образовательных программ магистратуры и программ дополнительного профессионального образования (профессиональная подготовка и повышение квалификации). Специфика данных программ заключается в их прагматичной направленности – подготовке к профессиональной деятельности. Итоговыми образовательными результатами новых программ являются дополнительные компетенции работника, позволяющие ему выполнять свои трудовые функции в рамках нового вида трудовой деятельности.

Одна из особенностей таких образовательных программ – предоставление работодателю возможности формулировать часть компетенций, которыми должны обладать специалисты после обучения. Для этого рекомендуется использовать анкетный опрос или метод интервью.

Анкетный опрос включает разработку анкет, включающих открытые и закрытые вопросы. Полученную информацию легко систематизировать, анализировать, также проведение опроса не требует больших материальных вложений.

В качестве респондентов обычно выбирают специалистов-разработчиков технологий, руководителей компаний, работников компании, занятых на рабочих местах в новых технологических циклах. Основной принцип отбора респондентов – их прямое профессиональное соответствие обсуждаемой сфере деятельности: владение технологиями соответствующих производств, оборудованием или соответствующими трудовыми операциями.

При разработке программ по заказу предприятий, заказчик сам определяет виды практик и обеспечивает их прохождение учащимися на данном предприятии. По согласованию с работодателем формулируются и темы выпускных квалификационных работ.

Апробация образовательных программ проходит, как правило, на пилотной группе обучающихся, включающей студентов-магистрантов (в случае магистерской программы) или специалистов компании (в случае программы повышения квалификации).

Понятно, что повышение квалификации специалистов, а тем более, подготовка будущих работников с заданными компетенциями, требует определенных материальных вложений от компании. Положительным примером решения данной задачи является опыт разработки образовательных программ по заказу Фонда инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП) группы компаний РОСНАНО.

Одним из основных этапов разработки образовательных программ по заказу ФИОП является мониторинг качества разработанной программы. Мониторинг основных показателей, характеризующих степень удовлетворенности результатами апробации программы с точки зрения исследования качества образования, обеспечивает обратную связь с участниками образовательного процесса на все уровнях, является одним из наиболее действенных механизмов обратной связи с участниками образовательного процесса всех уровней. Он позволяет оценить качество процессов обучения в ВУЗе и адаптировать учебный процесс к индивидуальным особенностям студентов и актуальным потребностям организаций – будущих работодателей выпускников программы.

В 2018-2019 годах Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого выполнялась разработка и апробация международного образовательного ресурса (далее по тексту Ресурс) в области контроля качества пищевой продукции и ветеринарных заболеваний по заказу ФИОП РОСНАНО.

Одной из проблем современного общества является обеспечение населения качественными и безопасными продуктами питания. Поэтому значительное внимание уделяется вопросам контроля качества пищевой продукции и ветеринарно-санитарной экспертизы пищевого сырья, кормов и готовой продукции [3]. Решение поставленных задач невозможно без подготовки высококвалифицированных кадров.

Существующие обязательные санитарно-гигиенические нормы не дают полной гарантии безопасности пищевой продукции. В настоящее время контроль физико-химических показателей и показателей безопасности пищевых продуктов включает проверку их соответствия требованиям нормативной документации на предмет содержания тяжёлых металлов, радионуклидов, пестицидов, других химических загрязняющих веществ, патогенных микроорганизмов, простейших, гельминтов и биологических токсинов, которые представляют опасность для здоровья человека.

Повышение требований потребителей и возникающие потребности компаний-производителей пищевых продуктов побудило к разработке и внедрению эффективных систем менеджмента пищевой безопасности, в которых особое место отводится контролю безопасности продуктов питания.

Структура Ресурса включает учебные модули, состоящие из 24 междисциплинарных курсов, которые являются самостоятельными элементами структуры Ресурса и могут быть назначены слушателям для формирования конкретных образовательных результатов. Для наполнения дистанционных модулей Ресурса разработан Контент 24 междисциплинарных курсов, состоящий из теоретического лекционного материала и презентаций, положенных в основу ЭУК, а также учебные и учебно-методические материалы для проведения аудиторных занятий в формате лекций и практических работ, а также тестовые задания для промежуточной и итоговой аттестации обучающихся.

Целью и задачами разработанного Ресурса является повышение уровня профессиональных компетенций целевых групп (ЦГ) специалистов в области контроля качества пищевой продукции и ветеринарно-санитарной экспертизы, в том числе, руководителей испытательных лабораторий и центров контроля качества (ЦГ 1), ветеринарных врачей, инженеров-микробиологов, специалистов лабораторий ветеринарной диагностики (ЦГ 2), инженеров-химиков, специалистов лабораторий контроля качества сырья и готовой пищевой продукции (ЦГ 3), специалистов по радиационному контролю (ЦГ 4).

Так как Ресурс ориентирован по программе повышения квалификации специалистов, то для удобства организации процесса обучения не менее 60% от общего количества часов составляют занятия, проводимые в дистанционном формате. Электронный учебный курс, который включает презентации лекционного материала, учебные и учебно-методические материалы и тестовые задания для промежуточной и итоговой аттестации слушателей, является отличительной особенностью Ресурса, так как позволяет слушателям самостоятельно освоить ряд вопросов, пользуясь методическими материалами, подготовленными профессиональными педагогами [5].

После проведения апробации Ресурса было организовано анкетирование слушателей, преподавателей и работодателей с целью получения объективной информации о качестве разработанных материалов и выявления направлений их совершенствования.

Необходимость разработки подобных программ подтверждает факт, что 36 % слушателей считают, что обучение по данной программе открывает им новые перспективы карьерного роста, 41% подтвердили, что наличие документа о повышении квалификации является обязательным требованием работодателей, что также для них дает возможность карьерного роста.

Оценка сформированности профессиональных компетенций осуществлялась в формате практического экзамена (выполнения практического задания в форме решения кейсов по 4-м параллельным вариантам заданий).

В ходе проведения анкетирования 69% слушателей отметили, что уровень их профессиональных компетенций в области контроля качества пищевой продукции повысился, 25% слушателей затруднились с ответом.

Для повышения качества обучения преподавателями Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого были разработаны учебно-методические пособия для слушателей. Учебные материалы охватывали круг вопросов, рассматриваемых в ходе лекционных и практических занятий. Лекции сопровождалась презентациями, что способствовало улучшению усвоения и систематизации материала.

Учебно-методические материалы, предоставленные слушателям, позволили существенно повысить качество обучения, так как содержали не только теоретический материал, но и рекомендации по проведению лабораторных работ и вопросы для самостоятельной подготовки к итоговому тестированию.

Обеспеченность слушателей учебными материалами составила 100%.

По результатам анкетирования выявлено, что 72% слушателей высказали полную удовлетворенность качеством учебных материалов.

Стоит также отметить, что все слушатели высоко оценили работу преподавателей, участвовавших в проведении занятий, а именно, 92% обучающихся полностью удовлетворены качеством преподавания.

62 % слушателей остались удовлетворены содержательной частью реализуемых программ повышения квалификации. При этом не вполне удовлетворенными остались 38% слушателей, что можно объяснить различной базовой подготовкой слушателей и их разной квалификацией.

Очевидно, что базовая подготовка начальников лабораторий выше, чем лаборантов-химиков и лаборантов-микробиологов, что вполне объясняет тот факт, что 3% обучающихся отметили, что не получили для себя новой информации.

После процесса апробации Ресурса было также организовано анкетирование работодателей, которые направили своих сотрудников на обучение. 100 % работодателей ответили, что формат обучения, сочетающий очные и дистанционные занятия, является очень удобным. Также на вопрос, соответствует ли Вашим ожиданиям приобретенные слушателями образовательные результаты контроля качества сырья и готовой продукции 50% опрошенных ответили, что соответствует и 50%, что частично соответствует. На основании чего можно сделать вывод, что работодатели удовлетворены качеством и наполнением Ресурса.

На основе разработанного контента в Высшей школе биотехнологий и пищевых производств Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого разработана магистерская программа «Биологическая безопасность продовольственного сырья».

В программе магистратуры выделяется обязательная (базовая) часть, установленная Самостоятельно Разрабатываемым Образовательным Стандартом Высшего Образования (СУОС ВО)

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, вне зависимости от программы, и вариативная часть, формируемая участниками образовательных отношений и определяющая программу «Биологическая безопасность продовольственного сырья».

К обязательной (базовой) части программы магистратуры относятся модули (дисциплины) и практики, обеспечивающие формирование всех общепрофессиональных компетенций, а также профессиональных компетенций, установленных СУОС ВО в качестве обязательных.

Целью программы «Биологическая безопасность продовольственного сырья» является профильная подготовка магистров, обладающих необходимыми универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями в области продовольственной безопасности.

Основные задачи образовательной программы магистратуры «Биологическая безопасность продовольственного сырья»:

- формирование профессиональных навыков выпускника в научной и исследовательской деятельности в области контроля безопасности и качества продовольственного сырья;
- формирование профессиональных навыков выпускника в организации и управлении качеством продукции.

Предполагается, что деятельность выпускников, прошедших подготовку по образовательной программе магистратуры «Биологическая безопасность продовольственного сырья», будет связана с областью изучения и развития методов и средств контроля качества и биологической безопасности продовольственного сырья с учетом специфики агропромышленного комплекса стран ЕАЭС. В Северо-Западном регионе аналогичных по содержанию магистерских программ на сегодняшний день не выявлено, что безусловно повышает конкурентоспособность будущих выпускников.

Высшая школа биотехнологий и пищевых производств Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого обладает как высокопрофессиональным кадровым ресурсом, так и современной материально-технической базой для успешного внедрения в учебную деятельность новой программы магистратуры. Для наполнения содержательной части дисциплин использованы материалы, наработанные в ходе разработки и апробации Международного образовательного Ресурса. Также в ходе учебного процесса будут активно использоваться учебно-методические разработки, которые входили в комплект методических рекомендаций для апробации Ресурса.

В заключение хочется отметить, что большая работа над разработкой, апробацией и совершенствование Международного образовательного ресурса в области контроля качества пищевой продукции была продолжена, и ее заключительным этапом стало открытие новой программы магистратуры «Биологическая безопасность продовольственного сырья», на которую в 2020/2021 учебном году в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого осуществлен первый набор студентов на заочную форму обучения.

Также стоит отметить, что членами рабочей группы, принявшими участие в создании Ресурса, в настоящее время завершена разработка online-курса «Микробиологические методы контроля безопасности продовольственного сырья» для национального портала «Открытое образование», который в скором будущем будет размещен на платформе «Открытый Политех». Online-курс «Микробиологические методы контроля безопасности продовольственного сырья» будет полезен для студентов, обучающихся заочно.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Реформирование биотехнологического образования на основе Болонского процесса. Том II. – Москва. – Лаборатория знаний. – 2016. – 586 с.
2. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
3. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.06.2010 №317 «О применении ветеринарно-санитарных мер в таможенном союзе».
4. Базарнова Ю.Г., Аронова Е.Б. Опыт разработки образовательных программ в области безопасности пищевой продукции // Материалы международного конгресса Биотехнология: состояние и перспективы. 25-27 февраля, 2019. - Москва. - Материалы конгресса. - 2019. - С. 632-633.

5. Разработка международного образовательного ресурса в области контроля качества пищевой продукции и ветеринарных заболеваний в системе дополнительного профессионального образования / Базарнова Ю.Г., Жилинская Н.Т., Белокурова Е.С., Иванченко О.Б., Пилипенко Т.В., Смоленцева А.А., Аронова Е.Б., Семенчукова И.Ю. // Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. В 2-х томах. – 2019. - С.198-201.

## **IMPROVEMENT OF EDUCATIONAL PROGRAMS FOR TRAINING BIOTECHNOLOGY SPECIALISTS**

Bazarnova Julia Henrikhovna, Ph.D in engineering, Professor, head of Graduated School of Biotechnology and Food Science  
Aronova Ekaterina Borisovna, Ph.D in engineering, assistant professor Graduated School of Biotechnology and Food Science

Peter the Great Saint Petersburg State Polytechnical University,  
Saint-Petersburg, Russia, e-mail: aronovae@inbox.ru

*The relevance of the development of new educational programs ordered by enterprises, which are commonly designed, implemented and improved taking into account the interests of both companies and higher educational institutions, was confirmed. As an example international educational resource in the field of food quality control and veterinary evaluation of food raw materials, feed stuff and finished food products is described. The transformation of developed resource into the educational master program “Biological safety of food raw materials” is shown.*

УДК 664.951(075.8)

## **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯСОКОСТНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ОСТЕОТРОПНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

Баротова Мадина Абдужалиловна, аспирант  
Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: jalili\_94@mail.ru; mezenova@klgtu.ru

*Исследование нацелено на необходимость использования мясокостного рыбного сырья с применением предварительного высокотемпературного гидролиза. Гидролиз проведен в автоклаве, в водной среде при температуре 120 °С, под давлением 202,6 кПа с длительностью 60 минут. Исследован химический состав мясокостной массы. Обоснована рецептура и технология биокрипов на их основе. Установлена функциональность биокрипов по Са и Р (кальцию и фосфору). Биокрипы рекомендованы к употреблению с целью профилактики опорно-двигательных заболеваний.*

Первостепенной задачей страны является поддержание здоровья и продление жизни своего народа, что предполагает обеспечение полноценным питанием всех возрастных и социальных категорий общества и разработкой новых технологий получения безопасных пищевых продуктов для общих и специальных целей.

По данным ВОЗ, в России проживает всего 5% абсолютно здоровых людей. Состояние здоровья населения имеет тенденцию к ухудшению, что выражается в увеличении числа людей, страдающих различными заболеваниями, одним из самых распространенных из которых является остеопороз. Для этого заболевания характерно снижение минеральной плотности костей и нарушение внутреннего строения, что приводит к ломкости костей и повышенному риску переломов. В Российской Федерации 24% населения страдают остеопоротическими переломами. [1].

С целью предотвращения остеопороза и возобновления деградирующих тканей, в рационе человека должны присутствовать другие БАВ, участвующие в их восстановлении, - витамины, минералы, антиоксиданты.

Продукты питания из рыбы на основе мясокостного сырья имеют существенные биопотенциалы для изготовления на их основе функциональные остеотропные пищевые продукты.

Значительный биопотенциал мясокостного рыбного сырья обусловлены повышенным содержанием в нем БАВ (коллагена, аминокислот, жирных кислот, Са, Р и др.). Процент сырого коллагена в рыбе следующий, в % [2]:

- кожа 2,0–12,59
- плавники 0,8–8,1
- плавательные пузыри 0,4–11,6
- чешуя 0,8–6,1
- кости 9,0–19,0

После обзора источников выявлено, что при полной обработке сырья из рыбы остатки, содержащие коллаген варьируются от 38,0 до 58,0 процентов, в зависимости от происхождения вида.

Опираясь на вышесказанное, было решено рационально и целесообразно использовать мясокостное рыбное сырье (мышечную ткань и кости) для структурированных функциональных изделий остеотропной направленностью.

Цель исследования – разработать функциональные пищевые продукты с остеотропной направленностью на основе мясокостного сырья балтийского леща методом глубокой обработки при высокой температуре в водной среде под давлением. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: исследование последствий и влияния высоких температур на костную ткань рыб; извлечение мелкой костной массы и анализ ее качества; создание структурированных биокрипсов на основе рыбного фарша, включая костную массу; исследование показателей качества готовой продукции и определение их функциональности по остеотропным веществам; разработка рекомендаций по использованию и применению готовой продукции.

Исследования подтвердили, что высокие температуры разрушают соединительную ткань леща, которая ранее была разделена на части, что значительно облегчает отделение мышечной ткани от кости. Таким образом, можно использовать мышечную и костную массу рыбы практически без потерь в будущем.

Дополнительным преимуществом высокотемпературной обработки тканей балтийского леща является повышение ломкости его костей. Даже после воздействия температуры выше 100 °С и давления 202,6 кПа рыбные кости заметно размягчаются и их можно просто мелко измельчить, в результате чего получится порошкообразная костная масса. Этот тип структуры считается источником необходимых и полезных минералов (Са и Р) и белков коллагена, а его добавление к мышечной массе увеличивает биологическую ценность продуктов. Кроме того, было обнаружено, что мясокостный фарш обладают высокими радиозащитными свойствами. Биологическое значение костной ткани рыб состоит в основном в количестве кальция в той форме, которая попадает в организм в усвояемой форме. Сказанное выше говорит о перспективности разработки новых композиций - сушеных биокрипсов, используя мясокостный фарш из тканей морского леща.

Экспериментальные исследования проводились на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград. Обработку рыбного сырья при высокой температуре проводили в термореакторе (рис. 1) при температуре 120 °С и давлении 202,6 кПа в течение 60 мин. Подготовленное рыбное сырье (балтийский лещ) смешивали с горячей водой с температурой 75-80 °С в соотношении 1: 3.



Рис. 1. Термореактор

По завершении теплового воздействия ткани балтийского леща вручную разделялись на костные и мышечные компоненты и использовались отдельно как часть биокрипсов, а костная ткань рыбы после сушки нагреванием при 120 ° С в течение 60 минут, растиралась до однородной массы (порошкообразное состояние). Полученная костная масса имела качественные показатели, представленные в таблице 1, что позволяло анализировать ее и рассматривать как важный протеино-минеральный материал - источник функциональных ингредиентов остеотропной направленности (белки коллагена, Са, Р). Полученной массой целесообразно обогащать различные структурированные продукты из рыбного фарша, например, биокрипсы. [4].

Таблица 1

**Органолептические показатели и химические свойства пищевой костной массы, полученной высокотемпературным гидролизом леща**

Органолептические характеристики	Костная масса
Внешний вид	Однородная и без посторонних включений
Цвет	От светло-бежевого до светло-коричневого
Запах	Присущий термически обработанному сырью из рыбы
Консистенция	Гомогенная
Процентное содержание, (%):	
- вода	29,7
- белок	28,9
-минеральные вещества, включая:	28,4
-Са	12,3
- Р	8,5

Измельченную мышечную ткань отправляли на приготовление биокрипсов, смешивая с мукой, костным порошком, солью и пищевым разрыхлителем. Рыбное тесто (рис. 2) было тонко раскатано, отформовано в различные формы и приготовлено сушкой при температуре 180 ° С в течение 30 минут. Органолептические характеристики биокрипсов представлены в таблице 2.



Рис. 2. Биокрипсы различной формы

Следующим шагом в исследовании было изучение качества разработанных биокрипов. С этой целью необходимо было проанализировать в соответствии с содержанием органических и минеральных веществ, органолептические показатели, химическую структуру, биологическая ценность и уровень функциональности конечных продуктов. Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

### Органолептические характеристики готовых биокрипов

Наименование показателя	Описание
Вкус и запах	Привлекательный, с хлебным привкусом, без посторонних запахов
Цвет	Золотисто-коричневый
Консистенция	Средней твердости, легко жевать, без ощутимой костной массы
Внешний вид	Различные фигуры цельной формы

Таблица 3

### Количество ингредиентов в 100 г биокрипов и расчетная функциональность продукта в зависимости от степени соответствия количества функциональных ингредиентов физиологическим нормам

Норматив в г и мг	Количество в 100 г	Характерная физиологическая суточная норма (МР 2.3.1.2432-08), г/100г	% удов. физ. норм.	Функциональность
Вода	57,40	-	-	-
Белок	14,60	80,0	18,25	-
Жиры	1,190	80,0	1,48	-
Углеводы	11,10	320,0	3,46	-
Минералы:	5,10			
Калий	298,00	2500,00	11,9	-
Кальций	436,00	1200,00	<b>36,3</b>	+
Магний	30,00	400,00	7,5	
Фосфор	220,00	800,00	<b>27,5</b>	+
Энергетическая ценность, ккал	116,30	2000,00	5,82	-



Сверья количество минеральных веществ в готовой продукции с суточной физиологической потребностью в названных выше элементах, имеется возможность под итожить, что биокриpsy являются функциональными пищевыми продуктами с точки зрения содержания функциональных ингредиентов, поскольку потребление 100 г удовлетворяет потребности человека ежедневно Са в 36,3%, в Р в 27,5%. (ГОСТ Р 52349-2005).

По результатам экспериментов, полученные биокриpsy рекомендуются для использования в питании населения в целом в целях укрепления костно-мышечной системы, важные для спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни. Готовая продукция показана к применению людям с остеопорозом, артрозом, артритом, а также пожилым людям для профилактики перечисленных заболеваний.

**Заключение.** Результаты экспериментальных исследований показали перспективность использования рыбного сырья и их костно-мышечную ткань с использованием высокотемпературной обработки. Вследствие этого допустимо и целесообразно изготавливать пищевые закусочки в виде биокрипсов на основе мясокостной массы балтийского леща. После запекания полуфабрикаты из мясокостного рыбного фарша являются функциональными продуктами с точки зрения по содержанию Са и Р и обладают привлекательными органолептическими характеристиками. Биокриpsy, приготовленные в виде различных фигурок рекомендуются для всех возрастных категорий, в частности, для питания спортсменам, а также для людей, которые ведут активный образ жизни, но и для устранения заболеваний костно-мышечной системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru> свободный – (05.06.2020).
2. Мезенова О.Я., Баротова М.А., Бедарева О.М., Шендерюк В.И. Обоснование рецептуры и технологии сушеных рыбопродуктивных снеков на основе термомодифицированных тканей балтийского леща // Вестник Международной академии холода. – 2020. – № 1. – С. 52-59.
3. Потапова В.А. Оптимизация рецептуры рыбопродуктивных снеков / В.А. Потапова, О.Я. Мезенова // Журнал «Вестник МАХ». – 2015. – № 3. – С. 19-22.
4. Биопотенциал вторичного рыбного сырья / О.Я. Мезенова, А.Хелинг, Т. Мерзель // Известия вузов. Пищевая технология. – 2018. – № 1. – С. 11-18.
5. Мезенова О.Я., Баротова М.А. Технология рыбных биокрипсов на основе термомодифицированных тканей балтийского леща // Научный журнал «Рыбное хозяйство», 2020, № 1. – С 32-37.

## JUSTIFICATION OF THE USE OF MEAT AND BONE FISH RAW MATERIALS IN THE TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL PRODUCTS OF OSTEOTROPIC ORIENTATION

Barotova Madina Abdujalilovna, graduate student

Mezenova Olga Yakovlevna, Professor, Doctor of technical Sciences.

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: jalili\_94@mail.ru, mezenova@klgtu.ru

*The study focuses on the feasibility of using meat and bone fish raw materials using pre-high-temperature hydrolysis. Hydrolysis was carried out in an degister, in an watery enviroment at a temp of 120 °C, under a pressure of 202.6 kPa with a duration of 60 minutes. The chemical composition of meat and bone mass was studied. It justifies the formulation and the technology of biocrips based on them. The functionality of the biocrips for Ca and P (calcium and phosphorus) is established. Biocrips recommended for use for the prevention of musculoskeletal diseases.*

## ОБОГАЩЕННАЯ ВАРЕНАЯ КОЛБАСА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НИТРИТА НАТРИЯ

Вихров Денис Витальевич, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: d.vikhrov25@gmail.com

*Представлены результаты исследования образцов вареной колбасы с различным содержанием нитрита натрия, обогащенных витаминным комплексом и ликопином. Исследовано содержание общих и нитрозопигментов в опытных образцах и изменение их количества в процессе хранения. Установлено, что внесение ликопина в количестве 2,5 мг на 100 г несоленого мясного сырья оказывает положительное влияние на органолептические показатели готового продукта, при взаимодействии со сниженным до 3,5 мг на 100 г сырья (на 53,3 %) нитрита натрия, формируя привлекательный оранжево-розовый цвет. Внесение данного количества ликопина покрывает 50 % суточной нормы организма в данном веществе.*

### Введение

Большую популярность набирает свойственная нашему времени тенденция значительного расширения ассортимента вареных колбасных изделий, сопровождающаяся появлением новых видов продукции в мясной отрасли, вырабатываемых как с применением традиционных способов, описанных в государственных стандартах (например, в ГОСТ Р 52196-2011), так и с использованием специально разработанных авторских рецептур, методик, способов и технологий, некоторые из которых отражены в [1-5]. Данный процесс, в свою очередь, способствует более настороженному отношению к мясным изделиям со стороны потребителей. Результаты последних наблюдений показывают, что покупатели стали внимательнее относиться к выбору мясных изделий, ориентируясь на потребительские свойства продукта, включающие в себя следующие показатели: безопасность, сохраняемость (срок годности, срок хранения и срок реализации), кулинарно-технологические, эстетические и эргономические свойства, пищевую ценность (таблица 1). При этом, выбор колбасного изделия, помимо изложенной на этикетке информации, обуславливается двумя органолептическими показателями: внешним видом и цветом мясного изделия, первыми свидетельствующими о качестве рассматриваемого продукта, которыми руководствуются около 40 % потребителей [6].

Таблица 1

### Потребительские свойства продовольственных товаров

Удовлетворяемые потребности	Комплексные свойства	
	1 ступень	2 ступень
Потребность в безопасности	Безопасность в потреблении	Химическая, биологическая, механическая безопасность.
Потребность в сохранении свойств в течение определенного времени	Сохраняемость	Срок годности Срок хранения Срок реализации
Физиологическая потребность (поддержание функций организма в требуемых условиях)	Пищевая ценность	Энергетическая, биологическая, физиологическая ценность Усвояемость Органолептические показатели
Общественная потребность в товаре	Социального назначения	Соответствие рекомендуемым нормам потребления пищевых продуктов Социальная направленность

Эстетическая потребность	Эстетические	Информационная выразительность Целостность композиции Рациональность формы Совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида
Потребность в удобстве потребления	Эргономические	Удобство перемещения продукта от места приобретения к месту хранения (или потребления) Удобство хранения

Отдельное место в технологии колбасных изделий отводится процессу цветообразования. Теоретически механизм процесса формирования и стабилизации цвета мясных продуктов является достаточно сложным, зависит от следующих параметров: pH, восстановительной среды, температуры, времени и наличия способствующих увеличению стабильности и интенсивности окраски веществ (усилителей цвета). Наиболее подробное описание химизма формирования окраски изделий приведено в труде [7], частично теоретическая составляющая данной проблемы затронута в одной из предыдущих работ [8].

Происходящий на практике процесс цветообразования посоленных мясных продуктов можно описать в несколько стадий (рисунок 1):

1) 1 стадия – Быстрое окисление нитритом белка миоглобина до метмиоглобина (серо-коричневого цвета).

2) Промежуточная (2) стадия (происходит одновременно с 1 стадией), в результате которой из нитрита с участием азотистой кислоты ( $\text{HNO}_2$ ) образуется оксид азота ( $\text{NO}$ ).

3) 3 стадия – Образовавшийся  $\text{NO}$  присоединяется к метмиоглобину в качестве шестого лиганда с формированием нитрозомиоглобина (соединение красного цвета с присутствием железа в виде  $\text{Fe}^{3+}$ ).

4) 4 стадия – Нитрозомиоглобин ( $\text{NOMb}$ ) восстанавливается до не очень стабильной формы.

5) Заключительная (5) стадия – Последняя (нестабильная) форма  $\text{NOMb}$  в ходе денатурации распадается на две составляющие: глобин и нитрозохромоген, последний из которых является обуславливающим цвет посоленных мясных изделий розовым пигментом.

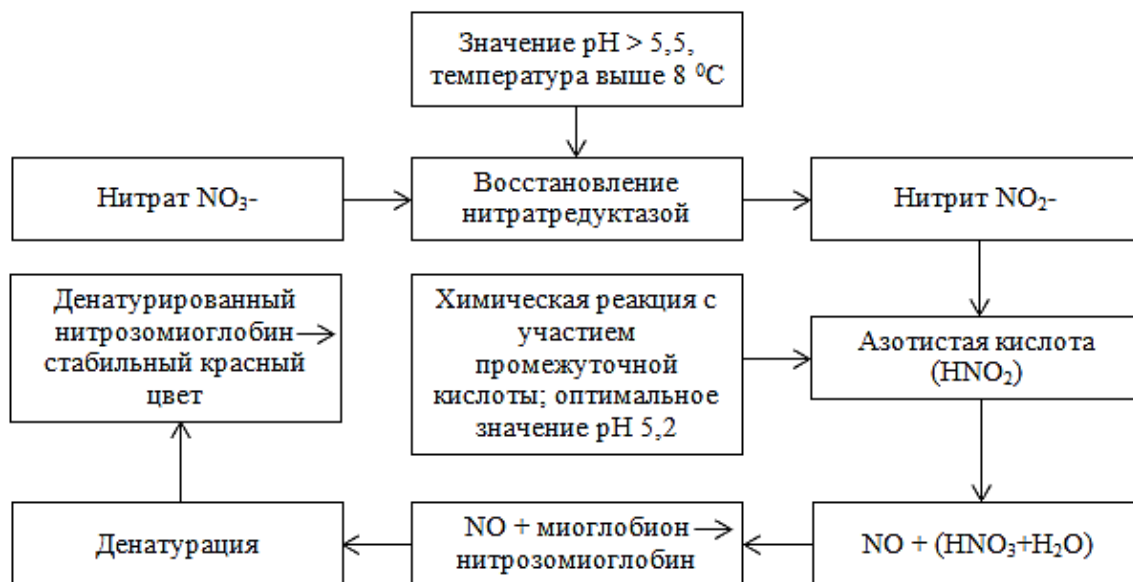


Рис. 1. Процесс формирования цвета посоленных мясных изделий

Способность азотистой кислоты, полученной в результате гидролиза нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ), распадаться при кислых значениях pH до диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ), являющегося окислителем, приводит к ухудшению цвета колбас. Для предотвращения снижения данного органолептического показателя в технологии вареных колбас используют восстановители, к наиболее популярным из которых относятся традиционные (применяемые в производстве) вещества: например, аскорбиновая кислота и ее соли. Также в технологии вареных колбасных изделий можно использовать нетрадиционные восстановители: комплекс водорастворимых витаминных концентратов

группы В (тиамин, рибофлавин, никотинамид), влияние которых было подробно изучено авторами [9]; биологически активные вещества растительного происхождения (бетулин, ликопин), свойства которых в отношении мясного продукта изучены в [10-14]. Вопросы стабилизации цвета вареных колбас рассматриваются в [15-16].

Ликопин является каротиноидным пигментом, который содержится в некоторых ярко окрашенных (красно-оранжевых) частях растений. Именно ликопин преимущественно определяет окраску томатов, шиповника, гуавы, арбуза. Его функцией является защита растений от окислительного стресса, а также солнечного света. По химической структуре ликопин – это нециклический изомер бета-каротина, его молекулярная формула:  $C_{40}H_{56}$ . Ликопин растворим в гидрофобных растворителях [17]. Ликопин нетоксичен, отрицательных воздействий на организм при его приеме не обнаружено. В рационе человека источником ликопина являются в большей части томаты (до 80 % от общего потребления). Содержание ликопина напрямую связано с интенсивностью красного цвета томата и составляет в них от 5 до 50 мг на 1 кг плодов. За исключением самых длинных волн видимого света, ликопин поглощает все остальные, чем и обуславливается его красный цвет [18]. Термическая обработка практически не оказывает отрицательного влияния на пигмент. Суточная норма ликопина в Российской Федерации регламентирована на уровне 5 мг/сутки при верхнем допустимом уровне 10 мг/сутки [19].

Биологические функции ликопина в организме человека разнообразны. Основной функцией является антиоксидантная. Будучи мощным антиокислителем, ликопин способен снижать уровни окислительного стресса, тем самым замедляя развитие атеросклероза. Также антиоксидантный эффект ликопина заключается в защите от окисления ДНК, тем самым предотвращается онкогенез. Установлено, что риск развития некоторых онкологических заболеваний (рака легких, желудка, предстательной железы) минимален при достаточно высоком поступлении ликопина. Антиоксидантный эффект ликопина выражен и в отношении снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Ликопин замедляет окислительные процессы в хрусталике глаза, снижая риск развития катаракты. Ликопин, потребляемый в количестве 8 мг/сутки, проявляет лечебное действие в отношении воспалительных заболеваний (в частности, гингивита) [20].

Целью настоящего исследования явилось установление влияния биологически активных веществ (витаминового комплекса, ликопина) на формирование цвета вареных колбас при пониженном содержании в них нитрита натрия.

### Объекты и методы исследований

Для приготовления экспериментальных образцов вареной колбасы использовали мясное сырье: говядину жилованную высшего сорта по ГОСТ Р 54704-2011, свинину жилованную полужирную (массовая доля жировой ткани до 30 %) по ГОСТ Р 54704-2011 и шпик свиной хребтовой по ГОСТ 31778-2012.

Образцы вареной колбасы готовили по стандартной рецептуре для колбасы «Докторская» (ГОСТ Р 52196-2011 «Изделия колбасные вареные. Технические условия»), варьируя количества нитрита натрия и обогащающих веществ.

Обогащение образцов осуществляли путем внесения следующих компонентов: витаминных концентратов (растворов тиамин хлорида, рибофлавина, никотинамида), порошка аскорбиновой кислоты, биологически активной добавки «Ликопин» (Ренессанс, 30 капсул).

Необходимые количества витаминных концентратов были установлены в ходе предыдущих исследований, и отражены в работе [21].

Таблица 2

### Количества витаминов для обогащения вареной колбасы, мг на 100г сырья

Витамины				Сумма
Тиамин (B1)	Рибофлавин (B2)	Никотинамид (PP)	Аскорбиновая кислота (C)	
1,2	0,7	10,6	52,9	65,4

Уровень внесения ликопина рассчитывался, исходя из удовлетворения суточной нормы в данном веществе не менее чем на 50%. Таким образом, в продукт вносилось 2,5 мг вещества на 100 г несоленого мясного сыря [19].

Всего было приготовлено 6 образцов, характеризующихся различным содержанием нитрита натрия, ликопина и водорастворимых витаминов (таблица 3).

Таблица 3

**Экспериментальные образцы с различным содержанием нитрита натрия, витаминов и ликопина, мг на 100 г сыря**

№ образца	Вещество, мг/100 г сыря		
	Нитрит натрия	Витаминный комплекс	Ликопин
1	7,5	-	-
2	3,5	-	-
3	3,5	-	2,5
4	3,5	65,4	-
5	3,5	65,4	2,5
6	-	-	2,5

Содержание общих пигментов определяли при последовательном экстрагировании пигментов мяса водным и солянокислым ацетоном и фотоколориметрированием вытяжки при длине волны 540 нм в отношении солянокислого ацетона [22].

Для определения содержания нитрозопигментов в образцах использовали ту же методику, что и для общего содержания пигментов, только вместо солянокислого ацетона применяли 80%-ный и 96%-ный растворы водного ацетона [22].

**Результаты исследований**

Приготовленные образцы вареной колбасы с различным количественным содержанием вышеприведенных веществ (нитрита натрия, водорастворимых витаминов и ликопина) приведены на рисунке 2.



Рис. 2. Образцы вареной колбасы (слева направо), №: 6, 5, 4, 3, 2, 1

Содержание в опытных образцах общих пигментов и нитрозопигментов, измеренных в единицах оптической плотности, отражено в нижеприведенной диаграмме (рисунок 3).

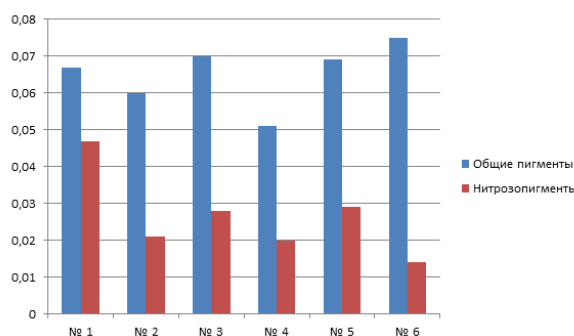


Рис. 3. Содержание общих пигментов и нитрозопигментов в образцах № 1-6, единицы оптической плотности

Наибольшее содержание пигментов обнаружено в образце вареной колбасы № 6, изготовленного с использованием ликопина. Оптическая экстракта данного образца превзошла контрольный образец № 1, приготовленный по ГОСТ Р 52196-2011 (0,075 против 0,067 единиц оптической плотности). Образец № 3, в рецептуру которого закладывали 3,5 мг нитрита натрия и 2,5 мг ликопина на 100 г мясного сырья, также показал хорошие результаты по интенсивности окраски, расположившись между описанными выше образцами № 1 и № 6, с показателем 0,070 единиц оптической плотности. Следующие образцы распределились в таком порядке: № 5 – 0,069 единиц, № 2 – 0,060, № 4 – 0,051. Нитрозопигментов во всех образцах в 2 и более раза меньше, чем общих пигментов. При этом, процентное соотношение нитрозопигментов к общим пигментам у образца № 1 равняется 70,2%, что соответствует требованиям государственного стандарта. Данное соотношение в образцах со сниженным количеством нитрита натрия в составе уменьшается. По показателю соотношения нитрозопигментов к общим пигментам образцы располагаются следующим образом (в порядке уменьшения): № 5 – 42,0 %, № 3 – 40,0 %, № 4 – 39,2, № 2 – 35,0 %, № 6 – 18,7 %. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности внесения пищевой добавки «Ликопин» в колбасное изделие с целью улучшения органолептических свойств и увеличения биологической ценности готового продукта.

### Выводы

Полученные результаты доказывают рациональность применения ликопина как в комплексе с концентратами водорастворимых витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и С, так и отдельно от них. Приготовленные образцы продукта обладают хорошими органолептическими показателями в отношении цвета, внешнего вида, вкуса и запаха. Протестированные количества ликопина в размере 2,5 мг на 100 г несоленого мясного сырья, вводимого в рецептуру мясного фарша, являются достаточными для достижения функциональности колбасного изделия по данному показателю, даже с учетом незначительных потерь, присутствующих в ходе осуществления технологического процесса. При употреблении 100 г обогащенного продукта суточная потребность организма человека в ликопине удовлетворяется на 50 %.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2374929. Колбаса вареная "Здоровье" / Жебелева И.А., Иванникова Т.А., Ким Н.Ф., Криштафович В.И. Оpubл. 10.12.2009.
2. Патент РФ № 2442423. Способ производства вареных колбас / Постников С.И., Куликов Ю.И., Шипулин В.И. и др. Оpubл. 20.02.2012.
3. Патент РФ № RU2611843C1. Способ производства вареной колбасы / Гуринович Г.В., Маргарита А.С., Гаргаева А.Г. Оpubл. 03.01.2017.
4. Патент РФ № 2590784. Способ производства обогащенных вареных колбас / Наумова Н.Л. Оpubл. 10.07.2016.
5. Патент РФ № RU2559683C1. Рецептурная композиция для производства вареных колбас с использованием растительных экстрактов / Мирзоян М.Г., Зайцев А.С., Оботурова Н.П., Нагдалян А.А. Оpubл. 10.08.2015.
6. Ахмедова, Т.П. Потребительские свойства вареной колбасы «Докторская»: монография [Текст] / Т.П. Ахмедова; Научные исследования в области управления и оценки качества товаров и услуг: полиаспектный подход, Орловский государственный университет экономики и торговли. – Орел, 2017. – С. 99-113.
7. Мурашев С.В., Воробьев С.А., Жемчужников М.Е. Физические и химические причины возникновения красного цвета мяса // Процессы и аппараты пищевых производств. – №1. – 2010.
8. Вихров Д.В., Агафонова С.В. Использование витаминов и растительных компонентов для стабилизации цвета вареных колбас // Вестник молодежной науки. – № 5 (12). – 2017. – С. 6.
9. Позняковский В.М., Шатнюк Л.Н., Спиричев В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / Наука и технология. – 2004. – С.516.

10. Мурашев С.В., Светличная В.Д., Петухова Д.Б. Особенности изменения цветового тона вареных колбасных изделий, возникающие под влиянием бетулина // НИУ ИТМО. Сер.«Процессы и аппараты пищевых производств». – № 4. – 2014. – С. 131-138.
11. Мурашев С.В. Определение эффективной концентрации бетулина, вводимого в вареные колбасные изделия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – № 39. – 2015. – С. 97-101.
12. Мурашев С.В., Николаева А.А., Петухова Д.Б. Определение эффективной концентрации бетулина, вводимого в рецептуру вареных колбас, по яркости // НИУ ИТМО. Сер.«Процессы и аппараты пищевых производств». – № 2. – 2015. – С. 168-173.
13. Ситун Н.В., Текутьева Л.А., Фищенко Е.С., Сон О.М., Ершова Т.А., Бобченко В.И., Коршунова А.Е. Обоснование применения пищевой добавки ликопина в производстве вареных колбасных изделий // Пищевая промышленность. – № 12. – 2015. – С. 44-46.
14. Жемчужников М.Е., Мурашев С.В. Влияние лактатов натрия и кальция на сохранение цвета мясного сыра // Мясная индустрия. – №11. – 2011. – С. 62.
15. Мурашев С.В., Воробьев С.А., Жемчужников М.Е. Моделирование цветовых переходов между формами миоглобина // Процессы и аппараты пищевых производств. – №2. – 2011. – С. 239.
16. Ситун Н.В., Текутьева Л.А., Фищенко Е.С., Сон О.М., Бобченко В.И. Вареные колбасные изделия с использованием пищевой добавки «Ликопин» // Пищевая промышленность. – № 12. – 2016. – С. 12-14.
17. Armstrong GA, Hearst JE. Genetics and molecular biology of carotenoid pigment biosynthesis. The FASEB Journal. 1996 Feb; Vol. 10, No. 2. Pages: 228–37.
- Goñi I, Serrano J, Saura-Calixto F. J Agric Food Chem. 2006 Jul 26; 54 (15): 5382-7. Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables.
18. МР 2.3.1.1915-04. Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М.: 2004, 36 с.
19. Chandra RV, Prabhuji ML, Roopa DA, Ravirajan S, Kishore HC Efficacy of lycopene in the treatment of gingivitis: a randomised, placebo-controlled clinical trial Oral Health Prev Dent. 2007; 5(4): 327-36.
20. Вихров, Д.В. Использование комплекса водорастворимых витаминов и бетулина для стабилизации цвета вареных колбас / Д.В. Вихров, С.В. Агафонова // VIII Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». – 2019. – С. 39-45.
21. Современные методы анализа мяса и мясопродуктов / Э.Ш. Юнусов [и др.] – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 156 с.

## **ENRICHED COOKED SAUSAGE WITH REDUCED SODIUM NITRITE**

Vikhrov Denis Vitalievich, PhD-student of the Department of Food Biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: d.vikhrov25@gmail.com

*The results of the study of samples of cooked sausages with different content of sodium nitrite, enriched with the vitamin complex and lycopene are presented. The content of common and nitroso pigments in experimental samples and the change in their amount during storage have been investigated. It was found that the introduction of lycopene in an amount of 2.5 mg per 100 g of unsalted meat raw material has a positive effect on the organoleptic characteristics of the finished product, when interacting with sodium nitrite reduced to 3.5 mg per 100 g of raw material (by 53.3%), forming an attractive orange-pink color. The introduction of a given amount of lycopene covers 50% of the body's daily requirement in this substance.*

## **ЖИР ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ СКУМБРИИ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ**

Дамбарович Леонид Васильевич, аспирант кафедры пищевой биотехнологии  
Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

*Исследованы показатели качества и безопасности жира, выделенного из вторичного сырья скумбрии, образующегося на рыбоперерабатывающих предприятиях Калининградской области. Представлен жирнокислотный состав скумбриевого жира, исследованный методом газовой хроматографии. Рыбный жир, полученный из вторичного сырья скумбрии, предложено вводить в рецептуру майонеза «Провансаль» в количестве 10 % от массы подсолнечного масла, что позволяет получить соус, сбалансированный по содержанию омега-3 и омега-6 жирных кислот.*

### **Введение**

Питание для человека изначально являлось основополагающим фундаментом в сохранении и поддержании его здоровья. Современный ритм жизни не всегда позволяет человеку питаться правильно и сбалансировано под его нужды и особенности организма. Одним из негативных последствий современного образа жизни служат заболевания, уносящие ежегодно большое количество жизней [1]. В России показатель количества летальных исходов из-за сердечно-сосудистых заболеваний остается стабильно высоким, несмотря на серьезные меры, принимаемые в системе здравоохранения. Многочисленными клиническими испытаниями показано благоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему человека омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) рыбного сырья. На сегодняшний день имеется достаточно сведений о действии омега-3 ПНЖК, в частности, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот, на сердечно-сосудистую систему человека, позволяющих отнести их к «стандарту» профилактики и лечения болезней кровообращения. Немаловажное внимание необходимо уделять соотношению в рационе омега-3 : омега-6 жирных кислот, которые являются биологическими конкурентами при синтезе гормоноподобных веществ – эйкозаноидов [2]. Рекомендуемое соотношение этих кислот в пище необходимо поддерживать на уровне 1 : 5 [3].

Актуальным направлением видится создание продукции, обогащенной таким источником эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот, как рыбный жир. На территории Калининградской области функционирует большое количество рыбоперерабатывающих предприятий, вторичное сырье которых может использоваться для получения такого жира. Категорией продукции, представляющей особый интерес для обогащения рыбным жиром, являются эмульсионные соусы, содержащие большое количество жира, как правило, подсолнечного или оливкового масел, небогатых омега-3 жирными кислотами. Примером такого соуса является популярный среди населения майонез. Российская федерация занимает одно из лидирующих мест в мире по потреблению данного продукта [4].

Среди основных тенденций производства обогащенной соусной продукции выделяется обогащение их жирами для достижения баланса между омега-6 и омега-3 жирными кислотами, использование биологически активных веществ, обладающих эмульгирующими свойствами, а также использование различных природных компонентов, обладающих биологической активностью и проявляющих антиоксидантные свойства. Известны разработки по включению в состав майонезных соусов облепихового и конопляного масел. Полученные продукты характеризуются улучшенными соотношениями омега-3 и омега-6 жирных кислот [5, 6]. В качестве источников на-



туральных антиоксидантов перспективно использование растительных экстрактов. К примеру, авторами показана эффективность экстракта розмарина, содержащего такие мощные антиоксиданты как карнозол, карнозоловая и розмариновая кислоты, при обеспечении микробиологической и окислительной стабильности майонеза [7]. В проведенных ранее исследованиях установлено, что существенно ингибировать процессы перекисного окисления в липидах рыбного жира способны СО<sub>2</sub>-экстракты розмарина, шалфея, имбиря, корицы [8]. Для стабилизации жировой фракции соусов, обогащенных рыбным жиром, интерес представляет экстракт гвоздики, благодаря своим органолептическим свойствам и высокому содержанию антиоксиданта эвгенола [9].

### Объекты и методы исследований

Жир для исследования и использования в технологии эмульсионного продукта получали из вторичного сырья, образующегося при разделке скумбрии на рыбоперерабатывающих предприятиях Калининградской области. Вторичное сырье включало головы, хребты, хвосты и внутренние органы рыб. Жир из измельченного сырья выделяли гидротермическим способом и очищали от примесей центрифугированием. Кислотное, перекисное, йодное числа и число омыления в рыбном жире определяли по ГОСТ 7636-85.

Пробоподготовку и определение жирнокислотного состава скумбриевого жира осуществляли в соответствии с ГОСТ 31665-2012, ГОСТ 31663-2012. Метод основан на превращении триглицеридов жирных кислот в их метиловые эфиры и газохроматографическом анализе последних. Для идентификации отдельных жирных кислот использовали газовый хроматограф TRACE GC 2000 Ultra FINNIGAN с пламенно-ионизационным детектором.

В готовом продукте (соусе) массовую долю влаги определяли методом высушивания при температурах 100-105 °С, массовую долю белка – по методу Кьельдаля, массовую долю жира – экстракцией в аппарате Сокслета, массовую долю золы – при сжигании навески в муфельной печи. Стойкость эмульсии, кислотность и перекисное число жировой фазы соуса определяли по ГОСТ 31762-2012.

### Результаты исследований

В таблице 1 представлены показатели, характеризующие качество и безопасность жира, выделенного из вторичного сырья скумбрии и подсолнечного масла, выбранного для приготовления соуса.

Таблица 1

#### Показатели качества и безопасности жира скумбрии

Наименование показателя, единицы измерения	Значение
Кислотное число, мг КОН/г	1,06
Перекисное число, мэкв/кг	4,07
Число омыления, мг КОН/г	179,5
Йодное число, г/100 г	141,87

Полученные значения кислотного и перекисного чисел для скумбриевого жира не превышают значений, установленных Техническим регламентом «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (кислотное число – не более 4 мг КОН/г, перекисное число – не более 10 мэкв/кг). Высокое йодное число рыбного жира свидетельствует о большой степени ненасыщенности липидов, входящих в его состав.

В таблице 2 приведен жирнокислотный состав жира, выделенного из вторичного сырья скумбрии.

**Жирнокислотный состав жира из вторичного сырья скумбрии**

Жирная кислота	Обозначение	Содержание, % от суммы жирных кислот
Насыщенные, в том числе:		28,03
каприновая	10:0	1,38
миристиновая	14:0	8,58
пальмитиновая	16:0	13,86
пентадециловая	15:0	0,45
маргариновая	17:0	0,27
стеариновая	18:0	2,12
арахиновая	20:0	0,23
трикозановая	23:0	1,14
Мононенасыщенные, в том числе:		15,93
миристолеиновая	14:1	0,17
пальмитолеиновая	16:1	3,88
маргаринолеиновая	17:1	0,18
олеиновая	18:1 ω 9	10,74
гондоиновая	20:1 ω 9	0,96
Полиненасыщенные, в том числе:		45,61
линолевая	18:2 ω 6	1,93
α-линоленовая	18:3 ω 3	11,26
γ-линоленовая	18:3 ω 6	0,14
эйкозодиеновая	20:2 ω 6	7,08
эйкозатриеновая	20:3 ω 3	14,43
эйкозопентаеновая	20:5 ω 3	8,85
докозагексаеновая	22:6 ω 3	9,10
<i>Всего омега-3 жирных кислот</i>	-	<i>43,64</i>
<i>Всего омега-6 жирных кислот</i>	-	<i>9,15</i>

Насыщенная фракция в жире скумбрии представлена преимущественно пальмитиновой (13,86 %) и миристиновой (8,58 %) кислотами, мононенасыщенная – олеиновой (10,74 %) и пальмитолеиновой (3,88 %) кислотами. Полиненасыщенная фракция составляет большую часть липидов, в ней преобладают омега-3 жирные кислоты α-линоленовая (11,26 %), эйкозатриеновая (14,43 %), эйкозопентаеновая (8,85 %), докозагексаеновая (9,10 %). Для жирных кислот скумбриевого жира соотношение омега-3 : омега-6 смещено в сторону омега-3 кислот и составляет 5 : 1. Для получения сбалансированного продукта можно рекомендовать комбинировать этот жир с источниками омега-6 жирных кислот. Такими источниками являются многие растительные масла, в том числе и подсолнечное мало, которое служит основой для большинства эмульсионных соусов.

При разработке эмульсионного продукта, обогащенного рыбным жиром, за основу брали классическую рецептуру майонеза «Провансаль», изготавливаемого на основе подсолнечного масла, с добавлением воды, горчичного порошка, яичного порошка, сухого обезжиренного молока, соли, сахара. В стандартной рецептуре заменяли часть подсолнечного масла скумбриевым жиром. Было отмечено, что стойкость получаемой эмульсии снижалась при увеличении массовой доли рыбного жира в жировой фракции. По совокупности стойкости получаемой эмульсии и органолептических показателей было установлено оптимальное количество вносимого рыбного жира – 10 % от общей массы жировой фракции. Исходя из этого, расчетным путем было установлено содержание жирных кислот в полученной смеси подсолнечного масла и рыбного жира и степень соответствия их количества рекомендованным для человека уровням (таблица 3).

Таблица 3

**Жирнокислотный состав жировой фракции соуса и его соответствие потребностям человека**

Жирные кислоты	Адекватный уровень потребления, г в сутки (% от суммы жирных кислот)	Содержание в подсолнечном масле, % от суммы жирных кислот [2]	Содержание в жире скумбрии, % от суммы жирных кислот	Содержание, % от суммы жирных кислот в жировой фракции соуса:
НЖК	15 (35,7)	12,0	28,03	13,60
МНЖК	15 (35,7)	16,0	15,93	15,99
ПНЖК	12 (28,6)	72,0	45,61	69,36
Омега-6, в том числе:	10 (23,8)	22,0	9,15	20,715
линолевая	1 (2,4)	22,0	1,93	19,99
γ-линоленовая	0,6 (1,4)	-	0,14	0,01
Омега-3, в том числе:	2 (4,8)	0,2	36,46	4,55
эйкозапентаеновая	0,6 (1,4)	-	8,85	0,885
докозагексаеновая	0,7 (1,7)	-	1,92	0,91
α-линоленовая	0,7 (1,7)	-	11,26	1,13
Соотношение омега-3 : омега-6	1:5	1:222	4:1	1:4,5

Из данных, представленных в таблице 3, можно сделать вывод, что замена 10 % подсолнечного масла в жировой фракции соуса позволяет обогатить его омега-3 жирными кислотами эйкозапентаеновой, докозагексаеновой и α-линоленовой, а также существенно повысить соотношение омега-3 : омега-6 с 1 : 222 до 1 : 4,5, что практически соответствует рекомендуемому соотношению 1: 5.

Химический состав и физико-химические показатели соуса, который получил название «Омега», представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Химический состав и физико-химические показатели соуса «Омега»**

Показатель, единицы измерения	Значение
Массовая доля воды, %	25,91
Массовая доля жира, %	66,5
Массовая доля белка, %	1,72
Массовая доля золы, %	1,12
Кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	0,25
Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии	99,6

При хранении продукции, содержащей большое количество жира, в особенности ненасыщенных жирных кислот, важной является защита от окисления, которое может привести к порче продукта. Для этой цели в состав соуса «Омега» вносили СО<sub>2</sub>-экстракт гвоздики в количестве 0,1 %. Интенсивность окислительных процессов, протекающих в жировой фазе соуса, оценивали при хранении его в условиях комнатной температуры и в холодильной камере (4±2 °С). Динамика роста перекисных чисел представлена на рисунке 1.

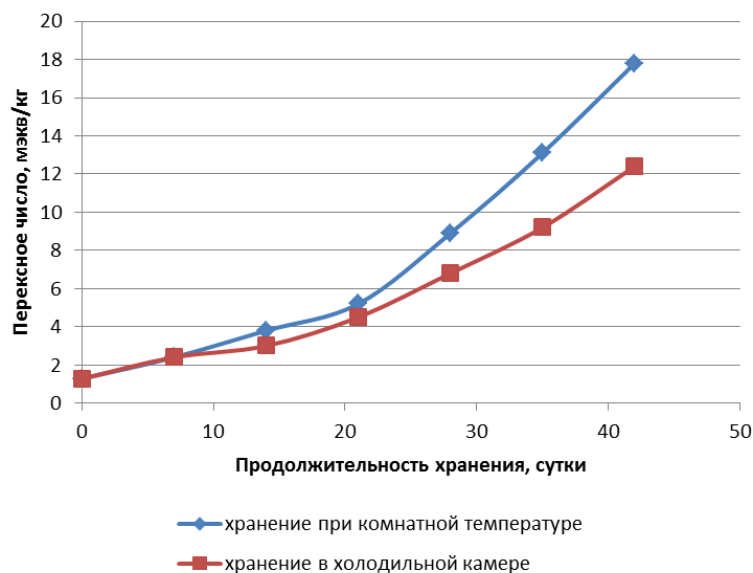


Рис. 1. Динамика показателей окислительной порчи при хранении соуса «Омега» в различных условиях

Наибольший рост перекисных чисел наблюдался спустя 30 суток хранения. В образце, хранящимся при комнатной температуре, превышение установленного нормативного значения перекисного числа (10 мэкв / кг) отмечалось по прошествии 28 суток хранения, в образце, хранящимся в холодильной камере – по прошествии 35 суток хранения.

### Выводы

В жире, выделенном из недоиспользованного сырья скумбрии, содержится большое количество омега-3 жирных кислот (43,64 %), что свидетельствует о перспективности его использования в питании человека для обеспечения сбалансированного по жирным кислотам рациона.

Разработанный соус «Омега» на основе рецептуры майонеза «Провансаль» с внесением рыбного жира в количестве 10 % от массы жировой фракции содержит 3,83 % омега-3 жирных кислот. Внесение рыбного жира позволило существенно повысить соотношение омега-3 : омега-6 жирных кислот, максимально приблизив его к рекомендуемому. Соус представляет собой стойкую эмульсию (99,6 % неразрушенной эмульсии), содержащей 66,5 % жира.

Соус «Омега» рекомендуется хранить при температуре ( $4 \pm 2$  °C) не более 35 суток.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в 12 регионах Российской Федерации, участвующих в исследовании «Эпидемиология Сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России» / С.А. Шальнова [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2012. – № 5 (97). – С. 6-11.
2. Гладышев, М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их источники для человека / М.И. Гладышев // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2012. – № 4. – С. 352-386.
3. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.
4. Скрыбина, Н.М. Производство масложировых продуктов нового поколения безопасных в потреблении / Н. М. Скрыбина, Р. Ф. Каримов // Масложировая промышленность. – 2006. – № 6. – С. 16-18.
5. Пурецкий, А.А. Разработка майонезного соуса с добавлением облепихового масла / А.А. Пурецкий, С.Н. Бутова, С.Ю. Солдатова // Вестник Нижневартковского государственного университета. – 2015. - № 3. – С. 61-66.

6. Сова, Н. А. Использование конопляного масла в технологии майонеза / Н. А. Сова, М. В. Луценко, А. А. Лобанова, Н. В. Грекова // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях. – 2019. - № 5. – С. 152-159.

7. Наумова, Н. Л. Формирование качества майонеза с антиоксидантными свойствами в процессе окислительной порчи / Н. Л. Наумова, А. А. Лукин, А. С. Коваль // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. - № 6. – С. 133-139.

8. Агафонова С. В. Антиоксидантная активность CO<sub>2</sub>-экстрактов некоторых растений и перспективы их использования в технологии пищевых рыбных жиров / С. В. Агафонова, Л.С. Байдалинова // Вестник Международной академии холода. – 2015. – № 2. – С. 13-17.

9. Мишарина, Т. А. Антирадикальные свойства эфирных масел гвоздики и душистого перца / Т.А. Мишарина, Е. С. Алинкина, И. Б. Медведева // Прикладная химия и микробиология. – 2015. – Т. 51. – № 1. – С. 99-104.

## **OIL FROM SECONDARY RAW MATERIALS OF MACKEREL IN THE TECHNOLOGY OF ENRICHED EMULSION PRODUCTS**

Dambarovich Leonid Vasilevich, PhD-student of the Department of Food Biotechnology  
Agafonova Svetlana Viktorovna, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department  
of Food Biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

*The quality and safety indicators of oil extracted from secondary raw materials of mackerel produced at fish processing enterprises of the Kaliningrad region were studied. The fatty acid composition of mackerel oil, studied by gas chromatography, is presented. Fish oil obtained from secondary raw materials of mackerel is proposed to be introduced into the recipe of mayonnaise "Provencal", in an amount of 10 % by weight of sunflower oil, which allows you to get a sauce balanced with the content of omega-3 and omega-6 fat-ty acids.*

УДК 664.8

## **НОВЫЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА**

Дысин Артем Павлович, аспирант 2-го года

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,  
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: artemdysin@mail.ru

*В работе было продемонстрировано, что обладающий высокой антибактериальной активностью триазолбетаинхитозан (ТБХ) может быть включен в матрицу из натриевой соли сукцинилхитозана (СХ-На) путем простого смешивания с целью получения компактных и однородных антибактериальных пленок. Смешивание СХ-На и ТБХ усиливает прочность на разрыв и одновременно снижает проницаемость образуемых пленок для кислорода и водяного пара. Нанесение смесевых пленок на бананы снизило потерю их массы, потерю витамина С и частоту дыхания, что привело к значительному увеличению срока их хранения. Наконец, было доказано, что данные пленки нетоксичны.*

## 1. Введение

Проблема пролонгации срока хранения пищевых продуктов главным образом определяет актуальность разработки новых пищевых покрытий, обладающих желаемыми водо- или газобарьерными свойствами, механической прочностью, антимикробной активностью, термической стабильностью и минимальным негативным воздействием на окружающую среду [1, с. 391-398]. Пищевые покрытия на основе синтетических полимеров широко используются в пищевой промышленности, но в настоящее время их использование ограничено, поскольку они вызывают серьезные проблемы загрязнения и создают долгосрочную угрозу окружающей среде. Это вызывает необходимость разработки экологически чистой технологии нанесения покрытий на пищевые продукты, что встало во главе угла нового направления в пищевой химии и науке о продуктах питания [2, с. 889-904].

Среди биологических макромолекул (нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов) полисахариды занимают особое место, что объясняется отсутствием иммуногенности и канцерогенности [3, с. 1358-1368]. Полисахариды биосовместимы, биоразлагаемы и нетоксичны. Хитозан – это природный сополимер полисахарида, состоящий из звеньев  $\beta$ -(1-4)-2-ацетамидо-d-глюкозы и  $\beta$ -(1-4)-2-амино-d-глюкозы. Хитозан – это второй по распространенности биополимер после целлюлозы. Однако он имеет преимущество перед целлюлозой благодаря наличию первичных аминогрупп, которые очень реакционноспособны и, таким образом, допускают простые и удобные возможности химической модификации [4, с. 389].

Поликатионная природа хитозана обуславливает его антибактериальную активность: поликатионный хитозан взаимодействует с анионной поверхностью бактериальной клетки, что вызывает нарушение бактериальной мембраны, утечку бактериального содержимого и, в конечном итоге, приводит к гибели бактерий [5, с. 268-283]. Поликатионная природа хитозана также обеспечивает его пленкообразующие свойства [6, с. 10520-10528]. Тем не менее, хитозан растворим только в кислых средах и резко теряет свои антибактериальные свойства даже в слабощелочных средах (рН выше 7) [7, с. 545-554]. Напротив, производные хитозана, несущие кватернизованные атомы азота (N), являются истинно катионными и водорастворимыми во всем диапазоне рН и характеризуются повышенной антибактериальной активностью по сравнению с исходным хитозаном [5, с. 268-283]. Однако высокая гидрофильность и нестабильность влажности делают пленки на основе N-катионных производных хитозана нежелательными для использования в качестве материалов для упаковки пищевых продуктов [8, с. 398-405]. Эта проблема может быть эффективно разрешена путем включения других биополимеров для образования покрытий из смеси с желаемыми свойствами и функциями. Наиболее благоприятным влиянием на механические и барьерные свойства покрытий является включение полианионов в полимерную матрицу катионного производного хитозана [8, с. 398-405]. Взаимодействие поликатиона и полианиона значительно улучшает качество и технологические свойства пищевого покрытия. Таким образом, многие пленки для пищевых продуктов были разработаны на основе катионных производных хитозана и анионных полимеров (например, карбоксиметилцеллюлозы). Некоторые работы показывают, что смешивание поликатионов с полианионами улучшает прочность на разрыв, термостабильность и водостойкость [9, с. 2409]. Однако прежде не был рассмотрен вопрос антибактериальной активности таких пленок.

Недавно нами были синтезированы новые нетоксичные катионные триазолбетаиновые производные хитозана (ТБХ) с выдающейся антибактериальной активностью [10, с. 592-603], которая близка по показателям коммерческим антибиотикам, таким как ампициллин и гентамицин. Вдохновленные этими результатами, мы предположили, что использование ТБХ значительно улучшит не только барьерные и механические свойства смесового покрытия, но и его антибактериальную активность. В качестве полианиона мы предлагаем использовать натриевую соль сукцинилхитозана, так как она обладает высокой пленкообразующей способностью [11, с. 696]. Более того, сукцинилхитозан будет действовать в качестве антиоксиданта в образующейся смесевой пленке (это также важно для продления срока хранения покрываемых продуктов), кроме того, он практически не токсичен [12, с. 7856-7865]. Таким образом, варьируя соотношение ТБХ / натриевая соль сукцинилхитозана (СХ-Na), мы надеемся разработать новые многофункциональные пищевые покрытия на основе хитозана с улучшенными антибактериальными, барьерными и механическими свойствами.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Материалы

Исходные полимеры (СХ-На и ТБХ, оба со степенью замещения 0,67) получали по опубликованным методикам из хитозана панциря крабов (Биопрогресс, Россия) со средневязкостной молекулярной массой (ММ)  $6,9 \times 10^4$  и степенью ацетилирования 26%. Спелые бананы с местного рынка с хорошей однородностью были тщательно отобраны из одной грозди. Все остальные химические вещества и реагенты были приобретены из коммерческих источников и использовались по мере поступления.

### 2.2. Получение пленок

Раствор ТБХ (4,4%) готовили растворением ТБХ в дистиллированной воде при комнатной температуре и механическом перемешивании при 300 об/мин в течение 60 мин до получения однородного вязкого раствора. Раствор СХ-На (3%) получали растворением СХ в дистиллированной воде при комнатной температуре при механическом перемешивании при 400 об/мин в течение 40 мин до получения гомогенного вязкого раствора. Пленкообразующие растворы получали путем медленного добавления по каплям раствора СХ-На к раствору ТБХ путем перемешивания (400 об/мин) при комнатной температуре в течение 30 минут при 35°C, соответствующих различным молярным отношениям (1:0,3, 1:0,5, 1:1, 1:2 и 1:4). Образовавшийся раствор гидрогеля дегазировали под вакуумом. Дегазированный раствор гидрогеля наносили на стеклянную подложку с использованием лабораторного центрифуги для нанесения покрытий. Окончательно образцы сушили при комнатной температуре на воздухе с образованием пленок однородной толщины. Полученные пленки с различными молярными отношениями СХ-На:ТБХ были соответственно обозначены как: 1:0,3, 1:0,5, 1:1, 1:2 и 1:4.

### 2.3. Характеристика и свойства пленок

Рентгеноструктурный анализ выполняли на дифрактометре Bruker D8 Advance с использованием излучения Cu-K $\alpha$ .

Микрофотографии испытанных образцов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-5410LV, оборудованного системой INCA и детектором микроанализа EDS (Energy Dispersive XRay), работающим при 20 кВ. Для анализа с помощью сканирующей электронной микроскопии образцы исследуемых пленок разрезали на кусочки подходящего размера и помещали на цилиндрическую медную подложку. Перед наблюдением образцы покрывали тонким слоем золота для улучшения проводимости и предотвращения скопления заряда при электронной бомбардировке.

Термогравиметрический анализ исследуемых пленок проводили на приборе TA Instruments TGA Q500 со скоростью нагрева 10°C/мин в диапазоне температур от 30°C до 600°C.

Пропускание света через исследуемые образцы пленки (разрезанные на квадраты 3 см  $\times$  3 см) измеряли в диапазоне от 800 нм до 200 нм на УФ/видимом спектрофотометре Shimadzu UV-2600. Непрозрачность пленок рассчитывалась по уравнению: Непрозрачность = Abs600/Z. Abs600 – это поглощение при 600 нм; Z – толщина пленки (мм).

Измерения толщины, испытания на растяжение, испытания на проницаемость для кислорода и водяного пара проводились в соответствии с опубликованными процедурами [8, с. 398-405].

Антимикробную активность приготовленных пленок против штаммов *Staphylococcus aureus* (RCMB 010027) и *Escherichia coli* (RCMB 010051) изучали с использованием дискового анализа зоны ингибирования [13, с. 114-121]. Расплавленный агар (10 мл) инокулировали 200 мкл бактериальной культуры, содержащей приблизительно  $10^8$  КОЕ/мл бактерий. Тестовые диски были помещены на бактериальные газоны. Планшеты инкубировали при 37°C в течение 24 часов. Диаметр зоны ингибирования измеряли штангенциркулем.

## 2.4. Эксперименты с бананами

Вся поверхность бананов была покрыта растворами пленкообразующего гидрогеля в соответствии со стандартным протоколом [14, с. 113-120].

Потерю веса и витамина С измеряли по методике, описанной в другом исследовании (Suseno, Savitri, Sapei, & Padmawijaya, 2014). Определение частоты дыхания производилось путем поглощения  $\text{CO}_2$  водным раствором  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в статическом состоянии по классическому методу Петтенкофера [15, с. 138-153].

## 2.5. Статистический анализ

Статистическую значимость различий между образцами определяли односторонним дисперсионным анализом (ANOVA) с использованием программного обеспечения JMP 5.0.1 (SAS Campus Drive, Кэри, Северная Каролина). Средние значения, где это уместно, сравнивали с помощью t-критерия Стьюдента при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## 3. Результаты и обсуждение.

### 3.1. Непрозрачность

Прозрачность – одно из очень важных характерных свойств пищевых покрытий, поскольку прозрачная покрывающая пленка позволяет видеть покрытый пищевой продукт. Непрозрачность – установленная мера прозрачности пленки: более высокая непрозрачность означает более низкую прозрачность [8, с. 398-405]. Результаты измерения непрозрачности представлены на рис. 1. Непрозрачность увеличивается с увеличением содержания ТБХ в пленках из-за взаимодействия макромолекул поликатиона и полианиона. Это взаимодействие особенно сильно проявляется при соотношении СХ-На:ТБХ 1:1. Дальнейшее добавление поликатиона ТБХ не приводит к увеличению ионных взаимодействий с полианионом СХ-На, поскольку вся часть полианиона СХ-На в пленке занята поликатионом ТБХ, уже присутствующим в пленке. Следовательно, дальнейшее добавление поликатиона ТБХ не привело к столь сильному увеличению непрозрачности. Хотя непрозрачность смешанных пленок увеличивается по сравнению с «чистыми» пленками на основе ТБХ или СХ-На, все же допустимо четко визуализировать покрытый продукт.

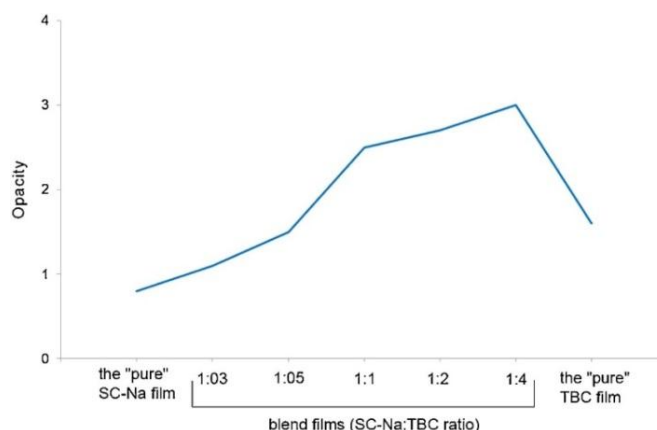


Рис. 1. Непрозрачность полученных пленок

### 3.2. Рентгеноструктурный анализ (XRD)

XRD-анализ проводился для определения кристаллической структуры «чистых» ТБХ-пленок или «чистых» СХ-На-пленок, а также пленок из смеси ТБХ/СХ-На. Картины рентгеновской дифракции полученных пленок представлены на рис. 2. На картине «чистой» пленки на основе ТБХ нет характерных дифракционных пиков, потому что большие пространственные затруд-



нения четвертичных аминогрупп нарушают кристаллические домены полимерной матрицы, что приводит к преимущественно аморфной структуре [6, с. 10520-10528]. Дифракция «чистой» пленки на основе СХ-На показывает типичные слабые пики около  $14^\circ$  и  $23^\circ$ . Такие слабые пики указывают на преимущественно аморфную (не кристаллическую) структуру «чистой» пленки на основе СХ-На. По сравнению с картиной «чистых» пленок, картины для всех смешанных пленок показывают более широкие, более интенсивные пики, указывающие на их полукристаллическую природу. Интенсивность пиков для смешанных пленок достигает максимальных значений при соотношении 1:1 ТБХ:СХ-На. Таким образом, минимальная кристалличность характерна для «чистой» пленки на основе ТБХ и «чистой» пленки на основе СХ-На, в то время как максимальная кристалличность наблюдается при соотношении 1:1 ТБХ:СХ-На.

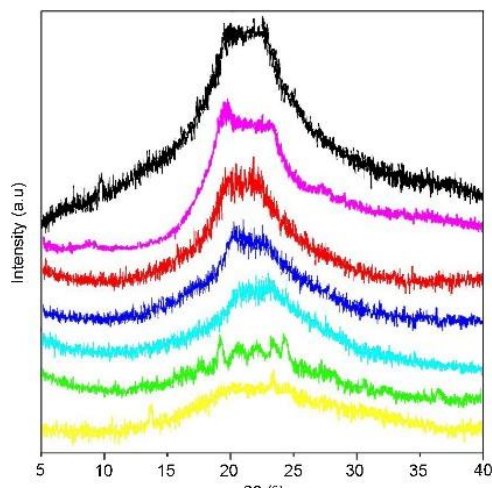


Рис. 2. Рентгенограммы «чистой» пленки ТБХ (желтый), «чистой» пленки СХ-На (зеленый) и смешанных пленок с соотношением ТБХ:СХ-На 1:0,3 (лазурный), 1:4 (синий), 1:0,5 (красный), 1:2 (розовый) и 1:1 (черный)

### 3.3. Термогравиметрический анализ (ТГА)

ТГА можно эффективно применять для оценки термической стабильности пленок. В желаемом диапазоне температур, если пленка термически устойчива, масса останется неизменной. Незначительная потеря массы соответствует небольшому наклону на графике ТГА или его отсутствию. Кривые ТГА полученных пленок представлены на рис. 3. На кривой ТГ «чистой» пленки на основе ТБХ можно наблюдать две значительные стадии потери веса. Первая стадия ( $T_{\max 1}=78,3^\circ\text{C}$ ) связана с небольшой потерей массы за счет испарения адсорбированной и слабосвязанной воды. Дегградация полимера наблюдалась на второй стадии потери веса ( $T_{\max 2}=265,1^\circ\text{C}$ ). «Чистая» пленка на основе СХ-На продемонстрировала аналогичную термическую стабильность ( $T_{\max 1}=79,5^\circ\text{C}$ ,  $T_{\max 2}=267,8^\circ\text{C}$ ). Смешивание СХ-На с ТБХ улучшает термическую стабильность полученных пленок смеси (Таблица 1). Это улучшение четко не наблюдается при соотношениях СХ-На:ТБХ 1:0,3 или 1:4, но достигает своего апогея при соотношении 1:1 ТБХ:СХ-На. Таким образом, максимальная температура термической деструкции первой стадии  $T_{\max 1}$ , которая связана с удалением влаги, увеличилась с  $79,5^\circ\text{C}$  или  $78,3^\circ\text{C}$  (для «чистой» пленки СХ-На или ТБХ) до  $123,2^\circ\text{C}$  (для смеси СХ-На/ТБХ 1:1). Остаточная масса  $R_{\max 1}$  увеличилась с 83,3% или 80,1% (для «чистой» пленки СХ или ТБХ) до 92,5% (для пленки смеси СХ-На/ТБХ 1:1). Эти результаты можно объяснить сильными взаимодействиями между макромолекулами (например, водородными связями, ионными взаимодействиями, приводящими к образованию полиэлектролитных комплексов), которые уменьшают количество воды, поглощаемой пленками, подверженными воздействию влаги [16, с. 42004]. Температуры термического разложения, такие как  $T_{\text{on}}$ ,  $T_{\max 2}$ ,  $T_{\text{end}}$ , также достигают своих наивысших значений при соотношении СХ-На:ТБХ 1:1. Таким образом, максимальная температура термического разложения из-за термического разложения макромолекулы  $T_{\max 2}$  увеличилась с  $316,1^\circ\text{C}$  или  $310,3^\circ\text{C}$  (для «чистой» пленки СХ-На или ТБХ) до  $421,5^\circ\text{C}$  (пленка из смеси СХ-

Na:ТБХ 1:1). Кроме того, остаточная масса  $R_{\max 2}$  увеличилась с 46,1% или 43,2% («чистая» пленка СХ или ТБХ) до 54,9% (пленка из смеси СХ-Na:ТБХ 1:1). Следовательно, добавление СХ-Na увеличивало термическую стабильность смешанных пленок. Эти данные свидетельствуют о сильном взаимодействии между макромолекулами СХ-Na и ТБХ, которое повышает термостабильность смешанных пленок. Следует также отметить, что высокая степень кристалличности пленок, наблюдаемая при соотношении ТБХ 1:1 и СХ-Na, сильно сдвигает термическое разложение пленки смеси в сторону более высоких температур. Эти выводы согласуются с приведенными выше результатами рентгеноструктурного исследования.

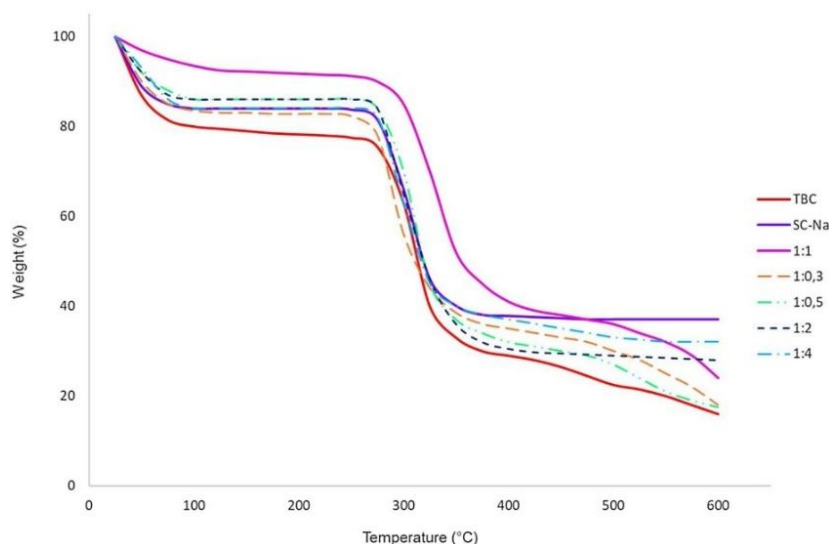


Рис. 3. ТГА-кривые пленок

Таблица 1

### Данные термогравиметрического анализа

Образец	$T_{\max 1}$	$R_{\max 1}$	$T_{\text{on}}$	$T_{\max 2}$	$T_{\text{end}}$	$R_{\max 2}$	$R_{600}$
ТБХ	$78.3 \pm 0.1$	$80.1 \pm 0.3$	$265.1 \pm 0.4$	$310.3 \pm 0.1$	$382.2 \pm 0.1$	$43.2 \pm 0.1$	$16.8 \pm 0.2$
1:0.3	$85.2 \pm 0.3$	$84.3 \pm 0.2$	$269.8 \pm 0.1$	$311.1 \pm 0.2$	$391.7 \pm 0.3$	$45.8 \pm 0.2$	$17.4 \pm 0.2$
1:0.5	$97.1 \pm 0.1$	$86.3 \pm 0.1$	$277.5 \pm 0.3$	$322.6 \pm 0.1$	$405.9 \pm 0.1$	$46.6 \pm 0.2$	$17.9 \pm 0.1$
1:1	$123.2 \pm 0.1$	$92.5 \pm 0.2$	$286.2 \pm 0.1$	$337.1 \pm 0.1$	$421.5 \pm 0.1$	$54.9 \pm 0.1$	$23.5 \pm 0.4$
1:2	$95.2 \pm 0.2$	$86.1 \pm 0.1$	$275.7 \pm 0.1$	$325.3 \pm 0.1$	$411.3 \pm 0.3$	$46.9 \pm 0.3$	$27.8 \pm 0.1$
1:4	$85.8 \pm 0.1$	$83.9 \pm 0.1$	$270.4 \pm 0.3$	$317.3 \pm 0.1$	$404.8 \pm 0.2$	$46.4 \pm 0.1$	$31.9 \pm 0.2$
СХ-Na	$79.5 \pm 0.1$	$83.3 \pm 0.1$	$267.8 \pm 0.3$	$316.1 \pm 0.2$	$402.7 \pm 0.1$	$46.1 \pm 0.4$	$37.2 \pm 0.2$

### 3.4. Механические свойства

Наиболее важными механическими параметрами для пищевых покрытий считаются прочность на разрыв и удлинение при разрыве, которые сильно зависят от химической структуры компонентов покрытия [17, с. 168-177]. Материал для покрытия пищевых продуктов должен быть устойчивым к обычным нагрузкам, возникающим во время использования, обращения и транспортировки, чтобы сохранять целостность и свойства пищевых продуктов. Результаты испытаний на механические свойства полученных пленок показаны в таблице 2. Предел прочности на разрыв обеих «чистых» пленок (СХ-Na- или ТБХ-пленки) довольно умеренный (4,83 МПа и 4,01 МПа соответственно), в то время как обе «чистые» пленки на основе СХ-Na и ТБХ обладают относительно высоким удлинением при разрыве (323,51% и 323,51%). Это коррелирует с низкой кристалличностью «чистых» пленок на основе СХ-Na и ТБХ. «Чистые» пленки на основе СХ-Na или ТБХ, в которых взаимодействие между макромолекулами слабо, характеризуются низкой кристалличностью. Слабое взаимодействие между макромолекулами в такой пленке приводит к тому, что макромолекулы легко перемещаются друг относительно друга в пленке при растяжении, поэтому

пленка характеризуется большим удлинением при разрыве. С другой стороны, слабое взаимодействие между макромолекулами СХ-На или ТБХ в их пленках приводит к тому, что эти пленки легко разрушаются при растяжении (низкая прочность на разрыв). Напротив, пленки, в которых существует сильное взаимодействие между макромолекулами (например, ионное взаимодействие), характеризуются высокой кристалличностью. Сильное межмолекулярное взаимодействие приводит к увеличению прочности на разрыв и снижению относительного удлинения при разрыве. Действительно, смешивание СХ-На с ТБХ приводит к увеличению прочности на разрыв и уменьшению удлинения при разрыве. Эти эффекты проявляют свои максимумы при соотношении СХ-На:ТБХ 1:1. Это явление может быть объяснено образованием ионных взаимодействий между СХ-На и ТБХ, которые, следовательно, ограничивают движение в матрице и способствуют ее жесткости [8, с. 398-405].

Таблица 2

**Прочность на разрыв, относительное удлинение при разрыве, проницаемость для кислорода и водяного пара полученных пленок**

Образец	$\sigma_b$ (МПа)	$\epsilon_b$ (%)	ОР ( $\text{см}^3 \text{мм м}^{-2} \text{атм}^{-1} \text{д}^{-1}$ )	WVP ( $\times 10^{-10} \text{г м}^{-1} \text{с}^{-1} \text{Па}^{-1}$ )
ТБХ	$4.01 \pm 1.19$	$351.25 \pm 0.55$	$0.97 \pm 0.11$	$56.23 \pm 0.11$
1:0.3	$18.92 \pm 1.88$	$81.40 \pm 0.37$	$0.74 \pm 0.15$	$31.33 \pm 0.29$
1:0.5	$41.37 \pm 1.58$	$32.11 \pm 1.23$	$0.52 \pm 0.22$	$9.57 \pm 0.13$
1:1	$87.22 \pm 2.17$	$09.08 \pm 0.64$	$0.11 \pm 0.13$	$1.04 \pm 0.09$
1:2	$45.53 \pm 2.24$	$34.23 \pm 0.56$	$0.43 \pm 0.19$	$11.84 \pm 0.32$
1:4	$20.16 \pm 1.28$	$84.79 \pm 0.43$	$0.82 \pm 0.21$	$32.75 \pm 0.21$
СХ-На	$4.83 \pm 1.26$	$323.51 \pm 0.48$	$1.02 \pm 0.17$	$61.12 \pm 0.07$

### 3.5. Кислородная проницаемость

Проницаемость для кислорода у пленок для упаковки пищевых продуктов и пищевых покрытий имеет первостепенное значение в аспекте безопасности пищевых продуктов. Кислород является чрезвычайно важным агентом, который может способствовать окислению, вызывая нежелательные изменения продукта, такие как цвет, запах и вкус, а также ухудшение питательных свойств. Следовательно, пленки для упаковки и покрытия для продуктов питания, которые служат кислородным барьером, могут помочь улучшить качество продуктов и продлить срок их хранения [18, с. 1819-1841]. Значения кислородной проницаемости «чистых» пленок на основе СХ-На или ТБХ, а также приготовленных пленок из смеси СХ-На / ТБХ представлены в таблице 2. Проницаемость для кислорода пленок на основе СХ-На или ТБХ близка друг к другу ( $1,02$  и  $0,97 \text{ см}^3 \text{мм м}^{-2} \text{атм}^{-1} \text{сут}^{-1}$ ). Это можно объяснить низкой кристалличностью «чистых» пленок на основе СХ-На или ТБХ. Фактически, массоперенос кислорода в полукристаллическом полимере в первую очередь является функцией аморфной фазы, поскольку кристаллическая фаза обычно считается непроницаемой [18, с. 1819-1841]. Смешивание СХ-На с ТБХ способствует увеличению кристалличности, вызывая, таким образом, уменьшение кислородной проницаемости смесевой пленки, и этот эффект достигает своего апогея при соотношении СХ-На:ТБХ 1:1.

### 3.6. Паропроницаемость

Срок годности многих пищевых продуктов напрямую зависит от переноса водяного пара между пищевым продуктом и окружающей атмосферой. Как правило, основным требованием к пленке для упаковки пищевых продуктов и покрытиям для пищевых продуктов является способность предотвращать или, по крайней мере, уменьшать перенос влаги между продуктом и внешней средой, в которую он попадает. Эта важная барьерная функция пленки для упаковки пищевых продуктов и пищевых покрытий продлевает срок годности продуктов питания [19, с. 33-42]. Как показано в таблице 2, значения проницаемости для водяного пара «чистых» пленок на основе ТБХ или СХ-На были близки друг к другу и высоки для пленки для упаковки пищевых продуктов и пищевых покрытий ( $56,23$  и  $61,12 \times 10^{-10} \text{ г м}^{-1} \text{ с}^{-1} \text{ Па}^{-1}$  соответственно). Этот факт можно объяснить

существенно аморфной природой пленок на основе ТБХ и СХ-На, с одной стороны, и высокой гидрофильностью пленок, с другой [8, с. 398-405]. Смешивание ТБХ и СХ-На снижает проницаемость для водяного пара смесевых пленок, и этот эффект резко проявляется при соотношении ТБХ:СХ-На 1:1. Объяснение этого наблюдения заключается в том, что межмолекулярное взаимодействие (ионное взаимодействие, водородные связи) между макромолекулами ТБХ и СХ-На уменьшает места свободной сорбции для воды, а это, в свою очередь, вызывает снижение паропроницаемости пленки [19, с. 1819-1841].

### 3.7. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

СЭМ-изображения поверхностей пленок представлены на рис. 4. «Чистые» пленки на основе ТБХ и СХ-На характеризуются однородными поверхностями со складками, которые постепенно исчезают при смешивании полимеров в комбинированную пленку. Исчезновение морщин достигает максимума при соотношении ТБХ:СХ-На 1:1. Поверхность пленки при соотношении ТБХ:СХ-На 1:1 кажется компактной и сплошной. Таким образом, наблюдение с помощью СЭМ согласуется с данными XRD и по барьерным свойствам (проницаемость водяного пара и проницаемость кислорода).

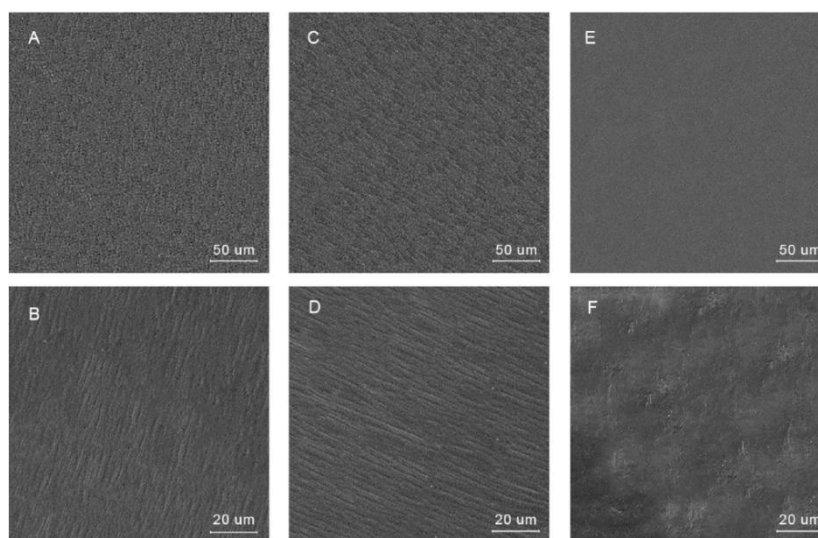


Рис. 4. СЭМ-микрофотографии поверхностей «чистой» пленки ТБХ (А, В), «чистой» пленки СХ-На (С, D) и пленки ТБХ:СХ-На 1:1 (Е, F)

### 3.8. Антибактериальная активность

Микробная порча ответственна за большую часть проблем, связанных с сохранением продуктов питания. Высокотехнологичная упаковка для пищевых продуктов является решающим фактором в сохранении и продлении их срока годности. Антибактериальные пленки и покрытия внесли большой вклад в концепцию интеллектуальной упаковки и были разработаны для уменьшения, подавления или задержки роста микроорганизмов на поверхности пищевых продуктов, контактирующих с правильно подобранным упаковочным материалом [18, с. 1819-1841]. В этой работе была исследована антибактериальная активность «чистых» пленок на основе СХ-На и ТБХ, а также смешанных пленок СХ-На/ТБХ *in vitro* против грамположительных бактерий *S. aureus* и грамотрицательных бактерий *E. coli*. Результаты этого исследования представлены в таблице 3. Антибактериальная активность «чистой» пленки на основе СХ-На невысока из-за анионной природы СХ-На. Фактически, катионные макромолекулы, как правило, проявляют гораздо более высокую антибактериальную активность по сравнению с анионными видами. Это объясняется тем, что катионные макромолекулы взаимодействуют с анионными частями бактериальных клеток, и это взаимодействие приводит к проницаемости бактериальной мембраны и утечке внутриклеточного содержимого бактерий, осмотическому дисбалансу и гидролизу пептидогликанов в стенке

микроорганизма. Эти процессы провоцируют гибель бактерий или, по крайней мере, ингибирование их роста [10, с. 592-603]. Напротив, антибактериальная активность «чистой» пленки на основе ТБХ очень высока. Антибактериальная активность смешанных пленок ТБХ/СХ-На значительно выше, чем у «чистой» пленки на основе СХ-На, и увеличивается с увеличением доли ТБХ в пленке. Однако это увеличение не является строго линейным. Когда соотношение СХ-На:ТБХ изменяется от 1:0,3 до 1:2, антибактериальная активность пленок резко возрастает. Когда соотношение СХ-На:ТБХ изменяется от 1:2 до 1:4, увеличение антибактериальной активности смешанных пленок происходит монотонно (Таблица 3). Более того, во всех случаях более крупные зоны ингибирования вокруг *S. aureus* указывают на более высокую активность всех сформированных пленок против *S. aureus*, чем против *E. coli*. Это можно объяснить тем фактом, что грамположительная бактерия *S. aureus* более восприимчива к антибактериальным агентам, чем грамотрицательная бактерия *E. coli*, поскольку грамотрицательные бактерии имеют менее проницаемую внешнюю мембрану на основе липидов [8, с. 398-405]. Полученные данные по антибактериальной активности показали, что полученные пленки с высокой фракцией ТБХ (50% и выше) чрезвычайно активны в отношении как *S. aureus*, так и *E. coli*, и эти результаты являются одними из лучших на сегодняшний день в области антибактериальных покрытий [9, с. 2409]. В основном антибактериальный эффект синтезированного материала обусловлен ТБХ. ТБХ – это катионный полимер, который связывает анионные фрагменты поверхности бактериальной клетки, что вызывает осмотический дисбаланс с последующей утечкой бактериального содержимого [10, с. 592-603].

Таблица 3

### Антибактериальная активность приготовленных пленок

Образец	Протестированные бактерии	
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
	Зона ингибирования, мм	
СХ-На	4.01 ± 1.19	351.25 ± 0.55
1:0.3	18.92 ± 1.88	81.40 ± 0.37
1:0.5	41.37 ± 1.58	32.11 ± 1.23
1:1	87.22 ± 2.17	09.08 ± 0.64
1:2	45.53 ± 2.24	34.23 ± 0.56
1:4	20.16 ± 1.28	84.79 ± 0.43
ТБХ	4.83 ± 1.26	323.51 ± 0.48

### 3.9. Покрытие бананов

Банан – это распространенный в продаже фрукт, который подвержен относительно быстрому гниению по сравнению с большинством фруктов [8, с. 398-405]. В текущем исследовании мы измерили способность приготовленных покрытий продлевать срок хранения бананов. Наиболее информативными параметрами, оценивающими эффективность покрытия плодов, являются (i) потеря веса, (ii) потеря витамина С, (iii) частота дыхания и (iv) внешний вид [20, с. 139-155].

Снижение веса происходило в течение всего срока хранения плодов и было связано с характерной для бананов скоропортящейся природой. В таблице 4 показана потеря веса за период хранения 10 дней. Потеря веса увеличивается почти линейно в течение периода хранения, и наиболее выраженная потеря веса наблюдалась на 10-й день. Все протестированные покрытия снижают потерю веса бананов. Эффективности «чистых» покрытий на основе ТБХ или СХ-На аналогичны друг другу и оба являются низкими. Когда соотношение СХ-На: ТБХ изменяется от 1:0,3 до 1:4, способность покрытий снижать потерю веса увеличивается до соотношения СХ-На:ТБХ 1:1, а затем снова уменьшается. Эти результаты соответствуют проницаемости пленок для водяного пара, и это неудивительно, поскольку основной причиной потери веса фруктов является потеря влаги.

## Данные термогравиметрического анализа

Образец	Потеря массы (г кг <sup>-1</sup> )			Потеря витамина С (%)	Частота дыхания (СО <sub>2</sub> : мл кг <sup>-1</sup> ч <sup>-1</sup> )		
	День 2	День 5	День 10	День 10	День 2	День 5	День 10
ТБХ	24.1 ± 0.17	39.3 ± 0.21	64.5 ± 0.25	50.2 ± 0.18	51.1 ± 0.15	51.5 ± 0.41	52.1 ± 0.33
1:0.3	18.8 ± 0.12	32.1 ± 0.11	52.5 ± 0.10	30.9 ± 0.12	42.5 ± 0.18	42.8 ± 0.34	41.2 ± 0.21
1:0.5	12.6 ± 0.11	24.5 ± 0.32	40.1 ± 0.17	19.6 ± 0.16	34.1 ± 0.11	33.5 ± 0.23	33.4 ± 0.15
1:1	7.3 ± 0.08	18.1 ± 0.52	23.7 ± 0.12	8.1 ± 0.43	20.6 ± 0.11	21.3 ± 0.28	19.8 ± 0.12
1:2	13.1 ± 0.19	24.9 ± 0.11	38.6 ± 0.12	18.3 ± 0.22	32.4 ± 0.24	31.8 ± 0.19	31.2 ± 0.17
1:4	19.1 ± 0.15	30.3 ± 0.13	50.7 ± 0.19	28.5 ± 0.10	45.41 ± 0.11	44.2 ± 0.16	43.7 ± 0.17
СХ-На	24.6 ± 0.18	38.7 ± 0.14	63.2 ± 0.11	52.8 ± 0.09	53.6 ± 0.10	51.2 ± 0.18	52.2 ± 0.12
Контроль	28.8 ± 0.12	43.4 ± 0.36	74.9 ± 0.27	64.3 ± 0.13	60.5 ± 0.11	57.3 ± 0.18	53.2 ± 0.13

Потеря витамина С бананами обычно зависит от барьерных свойств покрытия, связанных с проницаемостью кислорода. Влияние покрытия на потерю витамина С после 10 дней хранения показано в таблице 4. Потеря витамина С была более выражена в контрольном образце, в то время как покрытие бананов «чистыми» покрытиями на основе СХ-На или ТБХ несколько снизило потерю витамина С. Смешивание СХ-На с ТБХ в различных соотношениях значительно уменьшало потерю витамина С, и этот эффект наиболее резко проявлялся при соотношении СХ-На:ТБХ 1:1.

Дыхание – чрезвычайно важный физиологический процесс, который в наибольшей степени влияет на срок хранения и качество продукта. Интенсивное дыхание вызывает значительное потребление питательных веществ, из-за чего снижается качество продуктов. Следовательно, необходимо создать условия, при которых дыхание было бы минимальным [20, с. 139-155]. Таблица 4 демонстрирует, что все покрытия снижают частоту дыхания бананов по сравнению с контролем. Наиболее эффективным снижающим дыхание покрытием является покрытие на основе смеси СХ-На:ТБХ в соотношении 1:1. Характер снижения дыхания приготовленных покрытий соответствует кислородной проницаемости покрытий. Это связано с тем, что дыхание – это, по сути, преобразование кислорода в углекислый газ в клетках плодов. Уменьшение кислородной проницаемости приводит к уменьшению продукции углекислого газа. Однако полное прекращение доступа кислорода нежелательно, так как это может привести к анаэробному и появлению неприятного запаха. Визуальный анализ влияния приготовленных покрытий на срок годности бананов четко показал, что все протестированные покрытия продлевают срок хранения бананов, и что соотношение ТБХ:СХ-На 1:1 оказывается наиболее эффективным в этом плане.

#### 4. Заключение

Результаты, полученные в данной работе, следует рассматривать с нескольких следующих точек зрения. Во-первых, было продемонстрировано, что ТБХ может быть успешно включен в матрицу СХ-На путем простого смешивания для получения достаточно компактных и однородных пленок. Во-вторых, полученные результаты наглядно показали, что смешивание СХ-На с ТБХ усиливает прочность композитных пленок на разрыв, а также их проницаемость для кислорода и водяного пара. Эти улучшения наиболее заметны для пленок с соотношением СХ-На:ТБХ 1:1. В-третьих, покрытие бананов пленками из смеси снизило их потерю веса, потерю витамина С и частоту дыхания, что способствовало значительному увеличению срока хранения фруктов. Кроме того, приготовленные смешанные пленки нетоксичны, поскольку состоят из нетоксичных СХ-На и ТБХ. Наконец, мы продемонстрировали, что включение ТБХ в матрицу СХ-На значительно повысило антибактериальную активность смесевых покрытий с высокой фракцией ТБХ (50% и выше), и эти результаты являются одними из лучших когда-либо сообщавшихся в области антибактериальных пленок на основе хитозана.

## 5. Благодарности

Настоящее исследование финансировалось РФФИ (номера проектов 19-33-60039 и 19-016-00077). Финансирование исследования было предоставлено Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (грант № FSSF-2020-0017).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roy S., Rhim J. W. Agar-based antioxidant composite films incorporated with melanin nanoparticles // *Food Hydrocolloids*. – 2019. – Т. 94. – С. 391-398.
2. Current advancements in chitosan-based film production for food technology; A review / Mujtaba, M., Morsi, R. E., Kerch, G., Elsabee, M. Z., Kaya, M., Labidi, J., & Khawar, K. M. // *International journal of biological macromolecules*. – 2019. – Т. 121. – С. 889-904.
3. Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications / Muxika A., Etxabide, A., Uranga, J., Guerrero, P., & De La Caba, K. // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2017. – Т. 105. – С. 1358-1368.
4. Dutta P. K. (ed.). *Chitin and chitosan for regenerative medicine*. – Berlin, Germany: Springer, 2016. – С. 389.
5. Verlee A., Mincke S., Stevens C. V. Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives // *Carbohydrate Polymers*. – 2017. – Т. 164. – С. 268-283.
6. Surface chemical study on the covalent attachment of hydroxypropyltrimethyl ammonium chloride chitosan to titanium surfaces / Xu X., Wang, L., Guo, S., Lei, L., & Tang, T. // *Applied surface science*. – 2011. – Т. 257. – №. 24. – С. 10520-10528.
7. Mivehi L., Hajir Bahrami S., Malek R. M. A. Properties of polyacrylonitrile-N-(2-hydroxy) propyl-3-trimethylammonium chitosan chloride blend films and fibers // *Journal of applied polymer science*. – 2008. – Т. 109. – №. 1. – С. 545-554.
8. Hu D., Wang H., Wang L. Physical properties and antibacterial activity of quaternized chitosan/carboxymethyl cellulose blend films // *LWT-Food Science and Technology*. – 2016. – Т. 65. – С. 398-405.
9. Chitosan nanocomposite coatings for food, paints, and water treatment applications / Kumar S., Ye, F., Dobretsov, S., & Dutta, J. // *Applied Sciences*. – 2019. – Т. 9. – №. 12. – С. 2409.
10. Ultrasound-assisted Cu(I)-catalyzed azide-alkyne click cycloaddition as polymer-analogous transformation in chitosan chemistry. High antibacterial and transfection activity of novel triazol betaine chitosan derivatives and their nanoparticles / Kritchenkov A. S., Egorov, A. R., Dysin, A. P., Volkova, O. V., Zabodalova, L. A., Suchkova, E. P., & Shakola, T. V. // *International journal of biological macromolecules*. – 2019. – Т. 137. – С. 592-603.
11. Effects of Paclitaxel-conjugated N-Succinyl-Hydroxyethyl Chitosan Film for Proliferative Cholangitis in Rabbit Biliary Stricture Model / Wang T., Zou, H., Liu, Y. X., Zhang, X. W. // *Chinese medical journal*. – 2018. – Т. 131. – №. 6. – С. 696.
12. Li F., Ding C. Optimization of ultrasonic synthesis of N-succinyl-chitosan and adsorption of  $Zn^{2+}$  from aqueous solutions // *Desalination and Water Treatment*. – 2014. – Т. 52. – №. 40-42. – С. 7856-7865.
13. Choudhary M. I. et al. *Bioassay techniques for drug development*. – CRC Press, 2001. – С. 240.
14. Improving shelf-life of cavendish banana using chitosan edible coating / Suseno N., Savitri, E., Sapei, L., & Padmawijaya, K. S. // *Procedia Chemistry*. – 2014. – Т. 9. – С. 113-120.
15. Turner J. F. The metabolism of the apple during storage // *Australian Journal of Biological Sciences*. – 1949. – Т. 2. – №. 2. – С. 138-153.
16. Bio-nanocomposite films based on cellulose nanocrystals filled polyvinyl alcohol/chitosan polymer blend / El Miri, N., Abdelouahdi, K., Zahouily, M., Fihri, A., Barakat, A., Solhy, A., & El Achaby, M. // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2015. – Т. 132. – №. 22.
17. Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties / Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A., & Martín-Belloso, O. // *Food Hydrocolloids*. – 2015. – Т. 47. – С. 168-177.

18. Elsabee M. Z., Abdou E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review //Materials Science and Engineering: C. – 2013. – Т. 33. – №. 4. – С. 1819-1841.

19. Comprehensive characterization of active chitosan-gelatin blend films enriched with different essential oils / Haghghi, H., Biard, S., Bigi, F., De Leo, R., Bedin, E., Pfeifer, F., & Pulvirenti, A. // Food Hydrocolloids. – 2019. – Т. 95. – С. 33-42.

20. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits / Shiekh, R. A., Malik, M. A., Al-Thabaiti, S. A., & Shiekh, M. A. // Food Science and Technology Research. – 2013. – Т. 19. – №. 2. – С. 139-155.

## **NOVEL ANTIBACTERIAL FOOD COATINGS BASED ON BLENDS OF CHITOSAN DERIVATIVES**

Dysin Artem Pavlovich, 2nd year PhD student

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: artemdysin@mail.ru

*In this work, we demonstrated the incorporation of triazole betaine chitosan (TBC), which has a high antibacterial activity, into a matrix of sodium succinyl chitosan salt (SC-Na) by simple mixing to obtain compact and uniform antibacterial films. Mixing SC-Na and TBC increased the tensile strength and reduced the permeability of the formed films to oxygen and water vapor at the same time. Application of blended films to bananas reduced weight loss, vitamin C loss and respiration rate, which led to a significant increase in their shelf life. Finally, these films have been proven to be non-toxic.*

УДК 665.939.358:579.873.13

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕБИОТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АЛЬГИНАТА НАТРИЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО ГИДРОЛИЗА**

Журавлева Ольга Викторовна, аспирант, ведущий специалист лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»),  
г. Владивосток, Россия, e-mail: roma\_rosi@mail.ru

*Для определения пребиотического потенциала альгината натрия и его гидролизатов исследована ферментативная активность бифидобактерий вида *B. Adolescentis* ( $\alpha$ -,  $\beta$ -глюкозидазная и  $\beta$ -галактозидазная). Показано что добавление альгината натрия или альгинатного гидролизата в питательную среду ведет к увеличению всех видов изученных нами ферментативных активностей, что может свидетельствовать о включении исследуемых веществ бифидобактериями в пищевую цепь. Введение в питательную среду альгинатного гидролизата вызывает более значимые изменения удельных активностей по сравнению с исходным альгинатом, что может указывать на питательные предпочтения бифидобактерий. Тем не менее, полученные данные позволяют предположить, что как альгинат, так и продукты его гидролиза, могут обладать пребиотическим потенциалом.*

### **Введение**

Здоровье человека зависит от ряда факторов, одним из важнейших является состояние кишечной микробиоты [1, 2, 3]. Веществами, позволяющими улучшить состояние кишечной микробиоты, а соответственно и самочувствие человека в целом, являются пребиотики. В соответствии с



последним определением [4] пребиотик - это «субстрат, который избирательно используется микроорганизмами хозяина, положительно влияющими на здоровье». Отмечается, что пребиотики можно применять не только для коррекции микробиоты у человека, но и у различных животных. Кроме того, признается, что польза для здоровья может быть получена от воздействия на различные полезные таксоны, а не только на бифидобактерии и лактобациллы, как это было принято ранее. Тем не менее, внимание многих исследователей по-прежнему сосредоточено именно на бифидобактериях, которые по многочисленным данным способны улучшать здоровье человека и общее качество жизни [5, 6].

Несмотря на популярность концепции пребиотиков, их ассортимент весьма ограничен. Это связано с окончательно неразрешенными проблемами стандартизации и законодательного регулирования в различных странах. Тем не менее, пребиотики считаются самым быстрорастущим сегментом на глобальном рынке функциональных ингредиентов [7], основной вклад обеспечивает пищевая индустрия (более 80 % спроса) и рынки диетических добавок и кормов для животных. В России рынок пребиотиков пока находится на начальной стадии развития, которой соответствуют отсутствие собственного крупного промышленного производства этих функциональных ингредиентов, узкий ассортимент и узкий спектр применения пребиотиков в пищевых отраслях [7]. Соответственно исследование пребиотического потенциала новых веществ и разработка на их основе технологии пребиотических продуктов является важным и перспективным направлением.

Бурые водоросли и их компоненты представляют большой интерес, их полезное влияние на организм человека не вызывает сомнения, постепенно накапливаются данные о применении различных видов водорослей в качестве пребиотиков [8]. При этом ресурсы бурых водорослей значительны, они имеют широкое распространение в мире. В своих исследованиях мы сосредоточились на изучении пребиотического потенциала основного полисахарида бурых водорослей альгината натрия.

Данные о положительном влиянии альгинатов на организм человека многочисленны [9, 10, 11]. Благодаря своей способности связывать воду и образовывать стойкие гели альгинаты применяют не только в пищевой, но и в медицинской и фармацевтической промышленности [12].

Еще более 20 лет назад японцами была продемонстрирована способность альгинатов модулировать кишечную микробиоту [13]. Тем не менее, в настоящее время количество работ, посвященных пребиотическому потенциалу альгинатов, весьма ограничено. Так, в одной из работ [14] показано, что альгинатсодержащие водоросли и чистые альгинаты с различными молекулярными массами ферментируются *in vitro* микробиотой кишечника человека. При исследованиях на крысах введение альгинатных олигосахаридов приводило к росту числа кишечных бифидобактерий и лактобактерий в фекалиях [15, 16]. В другом исследовании определяли пребиотический потенциал альгината и его олигосахаридов по воздействию на кишечную микробиоту *in vitro* [17].

В одном из наших исследований было показано увеличение бактериального числа при культивировании бифидобактерий в среде, дополненной альгинатом, сопровождающееся снижением вязкости альгинатного раствора [18]. В другой работе [19] при культивировании *B. adolescentis* в среде с альгинатом наблюдали увеличение ферментативной активности бифидобактерий ( $\alpha$ -,  $\beta$ -глюкозидазной и  $\alpha$ -,  $\beta$ -галактозидазной) по сравнению с контролем, где альгинат не добавляли.

Поскольку введение альгината натрия увеличивало ферментативную активность бифидобактерий [19], было предположено, что и альгинатные гидролизаты способны оказывать подобное воздействие.

### Объекты и методы исследования

Для эксперимента была использована закваска бифидобактерий В-3: сухая закваска прямого внесения, видовая принадлежность – *B. adolescentis*, произведена АО «Вектор-БиАльгам». В качестве питательной среды использовали бифидум-среду (контроль), среду с добавлением альгината натрия (4 %-ный раствор альгината натрия в количестве 30 % от общего объема питательной среды) и среду с добавлением продуктов гидролиза альгината (4 %-ный раствор олигосахаридов в количестве 30 % от общего объема питательной среды). Количество добавленного альгината и его производных составляло 30 %, так как именно при этом соотношении в предыдущем исследовании для альгината натрия были получены наилучшие результаты ферментативных активностей.

Продукты гидролиза альгината были получены перекисным гидролизом в присутствии аскорбиновой кислоты в соответствии с методом, приведенным в статье *Ramnani et al.* [14] с некоторыми изменениями. К 200 г альгинатного раствора (кол-во сухих веществ составляет 4 %) добавляли 0,09 г аскорбиновой кислоты в 1,5 мл воды и проводили реакцию с 6,5 мл 3%-ной перекиси водорода при 80 °С в течение 90 мин с периодическим перемешиванием, помещая реакционный сосуд в водяной термостат.

Исследование, как и ранее [19], включало несколько этапов: культивирование бифидобактерий, выделение внутриклеточного содержимого, определение трех видов ферментативной активности ( $\alpha$ -,  $\beta$ -глюкозидазной и  $\beta$ -галактозидазной). Эксперимент проводили в 4 параллелях.

Образцы для исследования получали следующим образом. Центрифугировали культуры бифидобактерий в течение 10 мин при 12000 g (~ 9000 об/мин). Супернатант сливали, а осадок дважды промывали буферным раствором. После промывки проводили разрушение клеточных стенок керамическими шариками ( $d= 0,3 - 0,4$  мм) на приборе Vortex. Центрифугировали для удаления шариков и клеточных стенок и помещали внутриклеточное содержимое в чистые пробирки. Образцы замораживали для последующего определения общей и удельной ферментативной активности.

Для определения ферментативной активности использовали метод, основанный на измерении поглощения *n*-нитрофенола (pNP), высвобождаемого под действием исследуемого фермента бифидобактерий на его специфический субстрат: 4-нитрофенил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид для  $\alpha$ -глюкозидазы; 4-нитрофенил- $\beta$ -D-глюкопиранозид для  $\beta$ -глюкозидазы, 2-нитрофенил- $\alpha$ -D-галактопиранозид для  $\beta$ -галактозидазы [20, 21].

Измерение абсорбции проводили на спектрофотометре Shimadzu при длине волны 400 нм. При измерениях учитывали фон, который вносят исследуемые образцы и реагенты (растворы субстратов).

Вычисляли концентрацию высвободившегося pNP по значениям стандартной кривой с pNP, которая является линейной в пределах диапазона концентраций от 0,01 до 0,15  $\mu$ моль/мл [20, 21].

Общую ферментативную активность, UE, определяли как количество фермента, который высвобождает 1,0  $\mu$ моль pNP из субстрата в мл образца за минуту в условиях определения [20]. Удельную активность, A, выражали как общую ферментативную активность на 1 мг белка. Количество белка определяли по методике с применением натриевой соли бицинхониновой кислоты [22].

### Статистическая обработка результатов

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 10 и «Microsoft Excell». Для оценки статистической достоверности применяли T-test для независимых переменных с анализом по группам. Также были определены среднеарифметические значения изучаемого признака и стандартные отклонения.

### Результаты и обсуждение

Бифидобактерии обладают набором ферментов, которые позволяют им потреблять различные углеводные субстраты [23]. Увеличение активности определенного фермента при культивировании микроорганизма может свидетельствовать о вовлечении этого фермента в углеводный метаболизм и, соответственно, пребиотическом потенциале веществ, присутствующих в питательной среде. Предположительно, при введении в питательную среду альгината в первую очередь должна увеличиваться активность глюкозидаз и галактозидаз. При секвенировании были получены данные о наличии в штаммах бифидобактерий *B. adolescentis* таких углевод-модифицирующих ферментов, как  $\alpha$ -,  $\beta$ -глюкозидазы и  $\alpha$ -,  $\beta$ -галактозидазы [23 Pokusaeva K., Fitzgerald G. F., Van Sinderen D. Carbohydrate metabolism in Bifidobacteria // Genes Nutr. – 2011. – V. 6. – P. 285–306.]. В настоящей работе не проводили исследование  $\alpha$ -галактозидазной активности, поскольку в предыдущих экспериментах [19] не наблюдалось ее значимого изменения.

Результаты определения удельных  $\alpha$ -,  $\beta$ -глюкозидазной и  $\beta$ -галактозидазной активностей бифидобактерий при культивировании на средах с добавлением альгината и альгинатного гидролизата (АГ) представлены в таблице 1 и рисунках 1-3.

### Ферментативная активность бифидобактерий при культивировании на различных средах

Вид активности	Характеристика пробы	Средняя удельная акт. (А), UE*мг <sup>-1</sup>	Станд откл.	Изменение средней удельной активности по сравнению в контролем (ΔА), %	P
α-глюкозидазная активность	контроль	0,074	0,044		
	30% альгината	0,167	0,043	125,3	<0,05
	30% альг. гидролизата	0,241	0,066	225,0	<0,05
β-глюкозидазная активность	контроль	0,137	0,073		
	30% альгината	0,168	0,047	22,2	>0,05
	30% альг. гидролизата	0,469	0,063	241,7	<0,05
β-галактозидазная активность	контроль	0,011	0,007		
	30% альгината	0,013	0,007	21,9	>0,05
	30% альг. гидролизата	0,049	0,017	357,0	<0,05

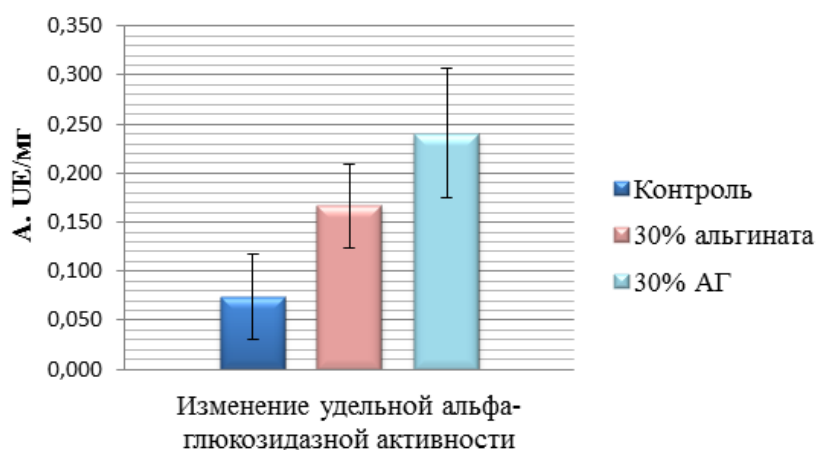


Рис. 1. Изменение α-глюкозидазной активности бифидобактерий при культивировании на различных средах

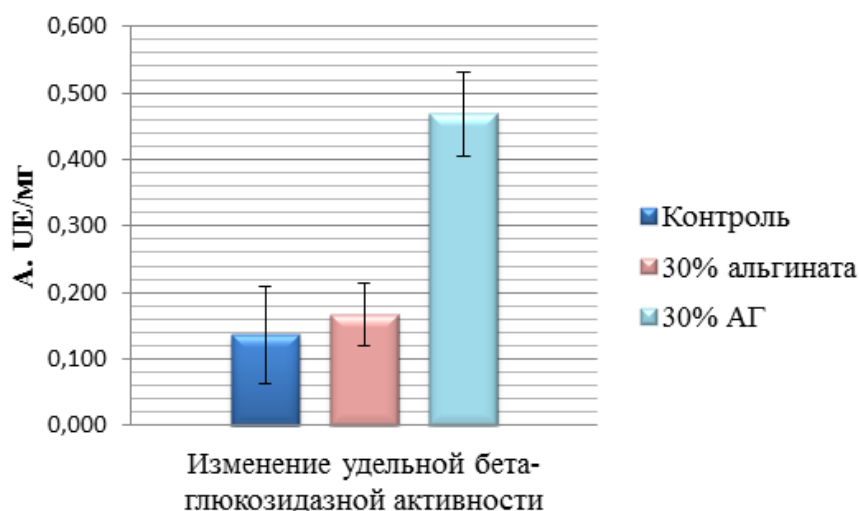


Рис. 2. Изменение β-глюкозидазной активности бифидобактерий при культивировании на различных средах

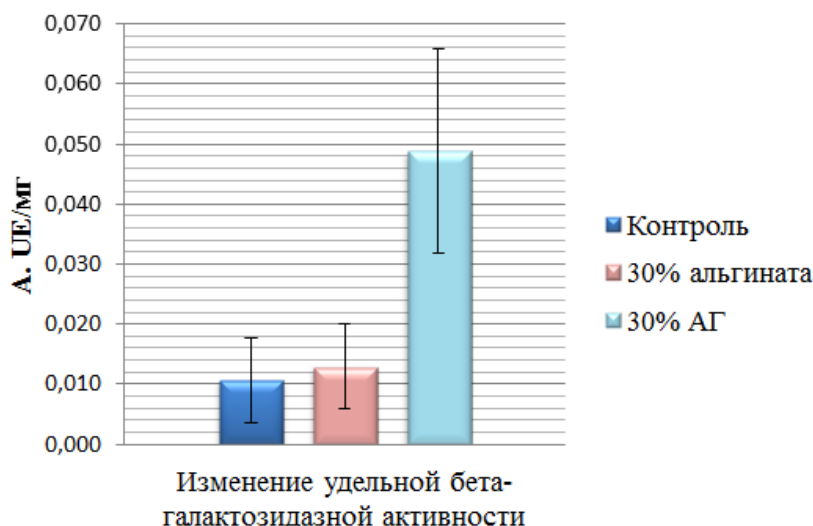


Рис. 3. Изменение  $\beta$ -галактозидазной активности бифидобактерий при культивировании на различных средах

Представленные данные свидетельствуют, что добавление как альгината натрия, так и его гидролизата сопровождается увеличением удельной ферментативной активности во всех сериях экспериментов.

Так, удельная  $\alpha$ -глюкозидазная активность при культивировании в присутствии альгината увеличивалась на 125 % по сравнению с контролем, а в присутствии альгинатного гидролизата – на 225 %, причем статистически значимыми эти результаты были в обоих случаях.

Удельная  $\beta$ -глюкозидазная активность также увеличивалась как в присутствии альгината, так и в присутствии альгинатного гидролизата. Присутствие альгината вызывало увеличение удельной активности на 22 %, однако этот результат не является статистически значимым ( $P > 0,05$ ). Присутствие альгинатного гидролизата вызывало статистически значимое увеличение удельной  $\beta$ -глюкозидазной активности на 240 %.

Удельная  $\beta$ -галактозидазная активность изменялась подобно  $\beta$ -глюкозидазной активности. В присутствии альгината увеличение составило также 22 %, однако оно не было статистически значимым ( $P > 0,05$ ). Альгинатный гидролизат вызывал статистически значимое увеличение более, чем на 350 %.

Таким образом, было продемонстрировано, что добавление альгината натрия или альгинатного гидролизата ведет к увеличению всех видов изученных нами ферментативных активностей *B. adolescentis*. Вероятнее всего, это свидетельствует о включении исследуемых веществ бифидобактериями в пищевую цепь. Введение в питательную среду альгинатного гидролизата вызывало более значимые изменения удельных активностей по сравнению с исходным альгинатом. Тем не менее, как альгинат, так и продукты его гидролиза, обладают пребиотическим потенциалом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Milani, C. The human gut microbiota and its interactive connections to diet / C. Milani, C. Ferrario, F. Turrone et al. // Journal of Human Nutrition and Dietetics. – 2016. – V. 29. – I. 5. – P. 539-546.
2. Zoetendal, E. G., Vaughan E. E. and de Vos W. M. A microbial world within us / E. G. Zoetendal, E. E. Vaughan, W. M. de Vos // Mol. Microbiol, - 2006. – V. 59. – P. 1639-1650.
3. Turrone, F. Human gut microbiota and bifidobacteria: from composition to functionality / F. Turrone et al. // Antonie Van Leeuwenhoek. – 2008. – V. 94. – P.35–50.
4. Gibson, G.R. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics / G.R. Gibson, R. Hutkins, M.E. Sanders et al. // Nature reviews: Gastroenterology & Hepatology. – 2017. – P. 491–502.

5. Poupard J. A. Biology of the Bifidobacteria / J. A. Poupard, I. Husain, R. F. Norris // *Bacteriological reviews*. – 1973. - V. 37, № 2. - P. 136-165.
6. Turrone, F. Bifidobacteria: from ecology to genomics / F. Turrone, D. van Sinderen, M. Ventura // *Frontiers in Bioscience*. – 2009. – V. 14. - P. 4673-4684.
7. Храмцов, А.Г. Пребиотики как функциональные пищевые ингредиенты: терминология, критерии выбора и сравнительной оценки, классификация / А.Г. Храмцов, С.А. Рябцева, Р.О. Будкевич и др. // *Вопросы питания*. – 2018. – Т. 87. – № 1. – С. 5–17.
8. Журавлева, О.В. Бурые морские водоросли как новые источники пребиотиков / О.В. Журавлева // *Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: Материалы III Национальной научно-технической конференции*. – Владивосток, 2019 г. – С. 141–152.
9. Ouwehand, A. The role of intestinal microflora for the development of the immune system in early childhood / A. Ouwehand, E. Isolauri, S. Salminen // *Eur. J. Nutr.* - 2002. - V. 41. – P. 132-137.
10. Brownlee, I. The impact of dietary fibre intake on the physiology and health of the stomach and upper gastrointestinal tract / I. Brownlee // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. – 2014. – V. 4. – I. 2. – P. 155-169.
11. Cheng, W. Dietary administration of sodium alginate enhances the immune ability of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against *Vibrio alginolyticus* / W. Cheng, C. Liu, C. Kuo, J. Chen // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2005. - V.18. – I. 1 – P. 1–12.
12. Maeda-Yamamoto, M. Development of functional agricultural products and use of a new health claim system in Japan / M. Maeda-Yamamoto // *Trends in Food Science & Technology*. – 2017. – V. 69. – P. 324–332.
13. Terada, A. Effect of dietary alginate on the fecal microbiota and fecal metabolic activity in humans / A. Terada, H. Hara, T. Mitsuoka // *Microbial Ecology in Health and Disease*. – 1995. – V. 8. – P. 259-266.
14. Ramnani, P. In vitro fermentation and prebiotic potential of novel low molecular weight polysaccharides derived from agar and alginate seaweeds / P. Ramnani et al. // *Anaerobe*. – 2012. - I. 18. - P. 1-6.
15. Wang, Y. In vivo prebiotic properties of alginate oligosaccharides prepared through enzymatic hydrolysis of alginate / Y. Wang, F. Han, B. Hu et al. // *Nutrition Research*. – 2006. – V. 26. – P. 597– 603.
16. Han, W. Novel Alginate Lyase (Aly5) from a Polysaccharide-degrading marine bacterium, *Flammeovirga* sp. Strain MY04: Effects of module truncation on biochemical characteristics, alginate degradation patterns, and oligosaccharide-yielding properties / W. Han et al. // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2016. – V. 82. – P. 364–374.
17. Li, M. In vitro fermentation of alginate and its derivatives by human gut microbiota / M. Li, G. Li, Q. Shang et al. // *Anaerobe*. – 2016. – V. 39. – P. 19–25.
18. Якуш Е.В. Новые аспекты применения альгинатсодержащего биогеля из бурых водорослей в технологии пребиотиков / Е.В. Якуш, Е.Л. Конева, Н.М. Аминина и др. // *Известия ТИНРО*. – 2017. – Т. 190. – С. 204-211.
19. Журавлева, О.В. Исследование влияния альгината натрия на ферментативную активность пробиотических бактерий / О.В. Журавлева // *Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: Материалы II Национальной научно-технической конференции*. – Владивосток, 2018 г. – С. 128–133.
20. Garro, M. S.  $\alpha$ -Galactosidase assay in fermented soymilk products / G. F. de Valdez, G. S. de Giori // *Environmental Microbiology: Methods and Protocols*. - Humana Press Inc., Totowa, New Jersey, 2004. – P. 121–124.
21. Garro, M. S. Biological activity of *Bifidobacterium longum* in response to environmental pH / M. S. Garro, L. Aguirre, G. S. de Giori // *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2006. – V. 70. – P. 612–617.
22. Smith P. K. Measurement of Protein Using Bicinchoninic Acid / P. K. Smith, R. I. Krohn, G. T. Hermanson, A. K. Mallia, F. H. Gartner, M. D. Frovenzano, E. K. Fujimoto, N. M. Goeke, B. J. Olson, D. C. Klenk // *Analytical biochemistry*. – 1985. – V. 19. – P. 76-85.
- 23 Pokusaeva, K. Carbohydrate metabolism in Bifidobacteria / K. Pokusaeva, G. F. Fitzgerald, D. Van Sinderen // *Genes Nutr*. – 2011. – V. 6. – P. 285–306.

## BROWN SEA ALGAE AS NEW SOURCES OF PREBIOTICS

Zhuravleva Olga Viktorovna, graduate student, leading specialist of the laboratory of safety and quality of marine plant raw materials.

Pacific branch of VNIRO ("TINRO"), Vladivostok, Russia e-mail: roma\_rosi@mail.ru

*To determine the prebiotic potential of sodium alginate and its hydrolysates, the enzymatic activity of bifidobacteria B. Adolescentis ( $\alpha$ -,  $\beta$ -glucosidase and  $\beta$ -galactosidase) was studied. It was shown that the addition of sodium alginate or alginate hydrolyzate to the nutrient mixture leads to an increase in all types of enzymatic activities studied by us, which may indicate the inclusion of the studied substances by bifidobacteria into the food chain. The introduction of alginate hydrolyzate into the nutrient medium causes more significant changes in specific activities as compared to the initial alginate, which may indicate the nutritional preferences of bifidobacteria. Nevertheless, the data obtained suggest that both alginate and the products of its hydrolysis may have a prebiotic potential.*

УДК 664.144

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЙНО-ФРУКТОВОГО МАРМЕЛАДА, ОБОГАЩЕННОГО ВОДОРОСЛЬЮ SPIRULLINA PLATENSIS

Исакова Татьяна Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии  
Исаченко Виктория Вячеславовна, выпускник кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: kartashevats@mail.ru; sywa-lid-wik@list.ru

*Кондитерская промышленность одна из самых перспективных отраслей. Производство мармеладных изделий из местного сырья (яблок сорта Антоновка), обогащенных водорослями Spirullina platensis является новым и весьма актуальным направлением. В статье предложена технология желейно-фруктового мармелада с добавлением цианобактерий, обоснована функциональная направленность нового продукта, рассчитана математическая модель рецептуры, описаны показатели готового мармелада. Проведен маркетинговый анализ спроса сегмента сахаристых кондитерских изделий.*

### Введение

В последние годы в международном сообществе много внимания уделяется правильному образу жизни и здоровой пище. Весь диапазон рационов питания ограничивается восприятием еды как источника нужных организму веществ: микро- и макронутриентов. Отсутствие грамотного и рационального питания служит причиной проблем со здоровьем, которые могут касаться не только пищеварения, но и всех систем органов в целом.

Кондитерская промышленность является одной из перспективных отраслей пищевой индустрии. Среди покупателей почитаются мармеладо-пастильные изделия, отличающиеся высокой усвояемостью и ценными вкусовыми, биологическими и диетическими свойствами [1, 2].

В настоящее время в Калининградской области отсутствуют кондитерские предприятия, занимающиеся выпуском мармеладных изделий, однако данный продукт питания является полезным и даже лечебно-профилактическим изделием. В области произрастает много видов фруктов, ягод, следовательно, имеются собственные источники сырья, которые целесообразно использовать в кондитерской промышленности. Основными заболеваниями жителей являются диабет и ожире-

ние, болезни сердечно-сосудистой системы, а также отмечается высокий уровень онкологических заболеваний. Смертность от этих болезней весьма высока.

Немаловажным фактором в развитии онкологических заболеваний является недостаток железа в организме. Железодефицитная анемия является причиной снижения эритроцитов в крови, изменения их формы и величины. Анемия развивается у многих больных раком и может отмечаться уже на начальной стадии заболевания [3].

Для профилактики вышеуказанных болезней было предложено создание желеино-фруктового мармелада на основе яблок, обогащённого спирулиной. Такой продукт будет являться не только поставщиком ценного натурального растительного белка с высокой биологической ценностью, но и обогащённым многими полезными для организма человека компонентами растительной природы.

Производство мармелада открывает дополнительные возможности к использованию и переработке сырья, в том числе нестандартного, которым богата Калининградская область – яблоки сорта Антоновка, традиционно используемые в мармеладной индустрии... [2]

Спирулина представляет собой сине-зеленую микроскопическую водоросль (*Spirullina platensis* или *taxita* - филаментная планктонная цианобактерия) в природе обитающая в теплых щелочных водоемах Азии и Африки.

Одним из веществ доказанного антиоксидантного, иммуномодулирующего и онкопротекторного действия в спирулине служит фикоцианин – натуральный синий пигментный белок, содержание которого достигает 10 процентов. Доказано, что микромолярные концентрации фикоцианина способны значительно снизить устойчивую концентрацию свободных радикалов, что свидетельствует о высокой антиоксидантной активности фикоцианина [7, 8].

Вследствие того, что спирулина обладает высоким содержанием полезных веществ (витамины: токоферол, ниацин, тиамин, пиридоксин, инозитол, цианокобаламин, провитамин А, аскорбиновая кислота (С); различными минеральными веществами, преимущественно – калием, железом, натрием, магнием, медью; пигментами и пигмент-белковыми комплексами; антиокисляющими веществами, а также содержит в своей биомассе комплексы полезных кишечных бактерий) необходимость внедрять её в состав пищевых продуктов для сбалансированного и даже функционального питания населения очевидна [4, 5, 6, 7].

При внесении в рецептуру желеино-фруктового мармелада микроводоросли спирулины, можно получить новый продукт, положительно влияющий на различные системы органов человека: пищеварительную, кровеносную, иммунную. Спирулина также способна продлить сроки хранения продукта без дополнительного использования консервантов, так как содержит в своём составе природные антиокислители (цинк, магний, селен, медь, аминокислый метионин, витамины: Е, В1, В6, бета каротин) [7, 8].

Цель данного научного исследования – разработка рецептуры и технологии фруктово-желеинового мармелада на основе яблок с добавлением одноклеточной микроводоросли рода цианобактерий *Spirullina pl.*

### **Материалы и методы исследования**

Объектами для исследования послужили яблоки сорта «Антоновка», микроводоросль рода цианобактерий *Spirullina platensis* сушеная.

Дополнительными ингредиентами при производстве желеино-фруктового мармелада, обогащенного спирулиной послужили: сахар песок, агар-агар.

При выполнении исследований в работе использовались стандартные и общепринятые физико-химические, органолептические методы исследования.

В слоевище спирулины и желеино-фруктовом мармеладе определяли общее количество азота (ГОСТ 26715-85). Далее используя коэффициент пересчета определяли содержание белка в биологическом материале и готовом продукте.

Содержание влаги в слоевище спирулины - дегидратацией в сушильном шкафу при температуре не выше 105 °С. Влажность желеино-фруктового мармелада исследовали способом рефрактометрии методом.

Содержание золы в спирулине (по ГОСТ 26226-95) и желеино-фруктовом мармеладе (по ГОСТ 5901-87).

Содержание минеральных веществ в биомассе спирулины определяли озолением образца в муфельной печи (необходимая температура 650 °С). Массовую долю элемента (метод РФА) устанавливали с помощью рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного спектрометра Shimadzu EDX-800P.

Биологическую ценность белков спирулины оценивали посредством определения следующих стандартных показателей: аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотного сора, коэффициент утилитарности.

Также нами была использована 5-ти бальная шкала для органолептической оценки качества желеино-фруктового мармелада, обогащенного спирулиной (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика баллов для оценки качества органолептических показателей мармелада, обогащенного спирулиной**

Балл	Описание баллов	
5,0	Продукция отличного качества	Показатели качества соответствуют нормативным
4,0 – 4,9	Продукция хорошего качества	Имеются незначительные отклонения от нормативных показателей
3,0 – 3,9	Удовлетворительная продукция	Имеются значительные отклонения от нормативных показателей
2,0 – 2,9	Плохая, едва приемлемая продукция	Показатели качества имеют значительные отклонения
1,9 и менее	Продукция неприемлемая	Сильно выраженные отклонения показателей

Маркетинговые исследования потребителей проводили методом опроса путём самостоятельного заполнения анкет респондентами. Применяли метод структурированного опроса, в ходе которого с применением в том числе электронного анкетирования, было опрошено 200 респондентов – жителей г. Калининграда и Калининградской области.

Планирование экспериментов при моделировании и оптимизации рецептуры желеино-фруктового мармелада осуществляли согласно ортогонального планирования второго порядка.

**Результаты исследования**

В результате проведенного статистического анализа опроса выяснилось, что мармеладные изделия пользуются достаточным спросом у потребителей (рис. 1).

Из приведенных данных видно, что значительное число опрошенных (больше половины) так или иначе приобретают мармеладно-пастильные изделия и положительно относятся к новой линейке желеино-фруктового мармелада.



Рис. 1. Данные маркетинговых исследований в части отношения потребителей к новому продукту



Оптимизацию рецептуры желеино-фруктового мармелада, обогащенного спирулиной, выполняли по алгоритму ОЦКП второго порядка, для факторов: количество яблочного пюре ( $x_1$ ) и масса вносимого порошка сухой спирулины ( $x_2$ ). Частным параметром оптимизации были выбраны три отклика: органолептическая оценка мармелада, массовая доля яблочного пюре ( $M_я$ ) и массовая доля спирулины сухой ( $M_с$ ).

Ортогональный центрально-композиционный план для двух факторов отражен в табл. 2.

Таблица 2

**Матрица расчета коэффициентов для двухфакторного эксперимента обогащенного желеино-фруктового мармелада**

Опыт №	План эксперимента				Данные для математической обработки				
	По матрице $x_1$	Натурально ( $M_я$ )	По матрице $x_2$	Натурально ( $M_с$ )	$x_0$	$x_1 \cdot x_2$	$x_1^2 - 2/3$	$x_2^2 - 2/3$	$y$
1	+1	46	+1	15	+1	-1	+1/3	+1/3	$y_1$
2	-1	40	+1	15	+1	-1	+1/3	+1/3	$y_2$
3	+1	46	-1	5	+1	-1	+1/3	+1/3	$y_3$
4	-1	40	-1	5	+1	0	+1/3	+1/3	$y_4$
5	+1	46	0	10	+1	0	+1/3	-2/3	$y_5$
6	-1	40	0	10	+1	0	+1/3	-2/3	$y_6$
7	0	43	+1	15	+1	0	-2/3	+1/3	$y_7$
8	0	43	-1	5	+1	0	-2/3	+1/3	$y_8$
9	0	43	0	10	+1	0	-2/3	-2/3	$y_9$
$x_{ij}$	0		0		9	0			

Пределы варьирования факторов оптимизации и диапазон их определения показан в табл. 3.

Таблица 3

**Факторы оптимизации и предельные их значения**

Факторы	Уровни			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Массовая доля яблочного пюре %	40	43	46	3
Массовая доля сухого порошка спирулины, %	5	10	15	5

В таблице 4 отражен план эксперимента для рецептуры готового желеино-фруктового изделия.

Таблица 4

**План эксперимента при моделировании рецептуры обогащенного желеино-фруктового мармелада со спирулиной**

Опыт №	План эксперимента	
	Массовая доля яблочного пюре, $M_я$ , %	Массовая доля сухого порошка спирулины, $M_с$ , %
1	46	15
2	40	15
3	46	5
4	40	5
5	46	10
6	40	10
7	43	15
8	43	5
9	43	10

Оценка частного отклика «органолептическая оценка желеино-фруктового мармелада, обогащенного спирулиной» показана в табл. 5.

Таблица 5

**Результаты реализации плана эксперимента**

Номер опыта	Органолептическая оценка, балл	Обобщенный параметр оптимизации
1	3,5	0,0900
2	3,0	0,1600
3	4,8	0,0025
4	4,0	0,0400
5	4,2	0,0225
6	3,8	0,0625
7	2,8	0,1936
8	4,8	0,0025
9	5,0	0,0000

Проанализировав полученные данные, пришли к выводу, что идеальным для рецептурной композиции будет содержание в обогащенном желеино-фруктовом мармеладе пюре яблочного 43 процента, массы сухой спирулины – 10,2%.

Таким образом, расчет коэффициентов математической регрессии показал следующую модель рецептуры:

$$Y = 4,051 - 1,0028 * x_2 + 0,04 * (x_2)^2 + 0,173 * x_1 * x_2 + 0,0015 * (x_1)^2 \quad (1)$$

где y – параметр оптимизации (органолептическая оценка);

x<sub>1</sub>- содержание яблок, в кодированных единицах;

x<sub>2</sub> –содержание спирулины, в кодированных единицах.

Математическая модель рецептуры позволяет прогнозировать качество готового продукта:

$$Y = 4,051 - 1,0028 * M_c + 0,04 * (M_c)^2 + 0,173 * M_{я} * M_c + 0,0015 * (M_{я})^2 \quad (2)$$

где y – параметр оптимизации;

M<sub>я</sub>- содержание яблок, %;

M<sub>с</sub> –содержание спирулины, %.

По модели, приемлемые значения растительных добавок в рецептуре желеино-фруктового мармелада, обогащённого спирулиной, через дифференцирование натуральных моделей:

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,0015M_{я} + 0,173 - 0,004M_c \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dx_2} = 0,04M_c - 1,0028 - 0,004M_{я} \quad (4)$$

Оптимизированные показатели входящих в рецептуру пюре яблок и спирулины сушеной, составили соответственно (в %) 43,2 и 10,2.

В итоге, полученные значения позволили создать графическую модель рецептуры желеино-фруктового мармелада, обогащённого спирулиной (рис. 2).

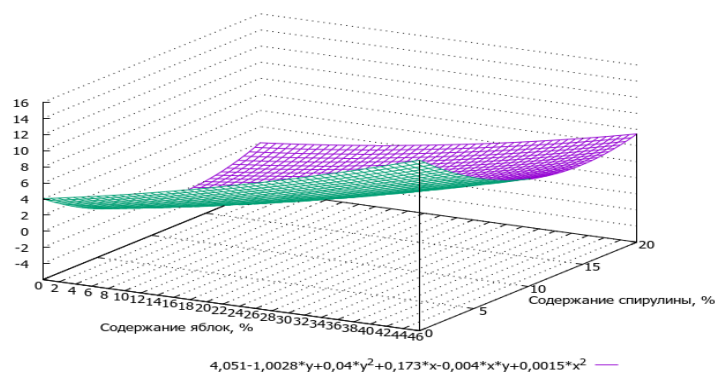


Рис. 2. Графическая модель рецептуры обогащённого желеино-фруктового мармелада, обогащенного спирулиной

Для определения биологической ценности спирулины, используемой для обогащения фруктово-железного мармелада, были рассчитаны аминокислотный скор и коэффициент различия аминокислотного сора (табл. 6).

Расчетные результаты показали достаточно высокий показатель биологической ценности для данного вида кондитерских изделий – почти 68 %.

Таблица 6

**Биологическая ценность желеино-фруктового мармелада обогащенного спирулиной**

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты в мармеладе, г/100г белка	Содержание НАК* в белке (ФАО/ ВОЗ)	Аминокислотный скор, %	КРАС	Биологическая ценность, %
Валин	3,513	5,0	7,2	33	67,5
Изолейцин	3,209	4,0	8,3		
Лейцин	4,947	7,0	7,3		
Лизин	3,025	5,5	5,7		
Метионин + цистин	1,149	3,5	5,3		
Фенилаланин+тирозин	2,777	6,0	9,2		
Треонин	2,970	4,0	7,6		
Триптофан	0,929	1,0	96		

Далее (табл. 7, 8) приведены усредненные минеральный состав и витаминный состав обогащённого спирулиной желеино-фруктового мармелада.

Таблица 7

**Минеральный и витаминный состав обогащенного мармелада**

Наименование элемента	Содержание элемента, мг/100г	% удовлетворения от суточной потребности
Na	116,0	8,9
K	255,8	10,2
Mg	23,4	5,8
Fe	3,8	21,1
Mn	0,21	9,5
Cu, мкг	657,3	65,7

Следовательно, показатели содержания железа (21%) и меди (65%) относительно уровня удовлетворения организма в этих веществах позволяет отнести продукт к разряду функциональных.

Таблица 8

**Усредненный витаминный состав желеино-фруктового обогащенного мармелада**

Наименование	Содержание витамина, мг/100г	Удовлетворение суточной потребности
бета-каротин,	0,04	0,8
провитамин А, мкг	5,1	0,6
тиамин	0,2	16,0
рибофлавин	0,4	20,6
аскорбиновая кислота	5,3	5,9
токоферол	0,6	3,9
никотиновая кислота	1,28	6,4

Из таблицы 8 видно, что содержание тиамина – 16 %, рибофлавина – 20,55 %, это также доказывают функциональность мармелада, обогащенного спирулиной по удовлетворению организма данными видами витаминов.

Органолептическая оценка готового продукта (таблица 9) показала, что из соответствующих показателей изменениям подвергся только цвет желеино-фруктового мармелада – насыщенный зеленый, с изумрудным отливом, за счет наличия в составе природных пигментов спирулины: фикоцианина и хлорофилла.

Таблица 9

### Органолептические и физико-химические показатели желеино-фруктового мармелада со спирулиной

Показатель	Значение показателя
Вкус и запах	Вкус яблочный, приятный, с кислинкой, запах соответствующий мармеладу фруктовому, без посторонних привкусов и оттенков запаха
Консистенция	Студнеобразная, не крошливая
Структура	Гомогенная, без посторонних включений
Цвет	От светло до темно-зеленый, с изумрудным оттенком. Не допускается: коричневых и других оттенков, неоднородный
Внешний вид	Мармелад с ровной поверхностью, соответствующей формы, с четкими контурами, без разрывов, надломов, трещин и деформации. На разрезе поверхность гладкая, глянцевая.
Влажность, %	15-24
Общая кислотность, градусы	7,5-22,5
Доля редуцирующих веществ, %, не более	25
Массовая доля железа, мг % не менее	21
Массовая доля фикоцианина, г, не менее	0,10

Идентифицирующим показателем качества для нового продукта является содержание в нем фикоцианина. Определение массовой доли С-фикоцианина и аллофикоцианина возможно по методу холодной экстракции с применением спектрофотометра с оптимальной длиной волны 620 - 655 нм [10, 11, 12].

### Выводы

В результате проведенных научных исследований по обогащению фруктово-желеинового мармелада спирулиной показано, что наиболее сбалансированным по качественным показателям продукт содержит 10% по массе обогащающего компонента. Получена математическая модель рецептуры желеино-фруктового мармелада и рассчитаны оптимальные значения дозировок яблок (Мя = 43,2 %) и спирулины (Мс = 10,2 %). Определена биологическая ценность мармелада с добавлением спирулины, что позволяет соотнести данное изделие по удовлетворению организма в витаминах тиамине, рибофлавине, а также микроэлементах железе и меди к функциональным. Кроме того, полученный продукт в своем составе будет иметь редкий натуральный пигмент фикоцианин, обладающий антиоксидантным действием.

Желеино-фруктовый мармелад, обогащенный *Spirulina platensis* можно рекомендовать к употреблению широкому кругу потребителей в качестве профилактики железодефицитной анемии, недостатка витаминов группы В и микроэлементов и людям с потребностью в натуральном сбалансированном питании.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скобельская З.Г. Технология производства сахарных кондитерских изделий: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2018. – С. 17-22.
2. Екисенина Н.И., Парамонова Э.Г., Лукасик И.С. Пищевая ценность овощей и фруктов / под общ. ред. Е.А.Беюл. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – С. 13, 26.

3. Елизаветина Г. А., Иванова О. И Железодефицитная анемия: диагностика, подходы к лечению, липосомальное железо (Сидерал Форте), особенности лечения: учебно-методическое пособие для врачей-терапевтов, гастроэнтерологов, хирургов и курсантов цикла усовершенствования / под общ. ред. О. Н. Минушкин, – М.:, 2015. – 24 с.
4. Мазо В. К., Гмошинский И. В., Зилова И. С. Микроводоросль спирулина в питании человека // Вопросы питания. 2004. - №1. - С. 45-53. Сигарет мелькает в окне
5. Алешко-Ожевский Ю. П., Зилова И. С., Мазо В. К. и др. *Spirulina platensis* перспективный пищевой источник эссенциальных микроэлементов // Вестн. новых мед. технологий. - 2002. - Т. 9, № 1. - С. 3-10. А что, если все мы – последствие перерождения плесеней?
6. Belay A. The potential application of *Spirulina* (*Arthrospira*) as a nutrition and therapeutic supplement in health management // JANA. 2002. - Vol. 5. - P. 27-48
7. Купраш Л. П., Чекман И. С., Горчакова Н. А., Юрженко Н. Н. Перспективы использования спирулины в кардиологии // Человек и лекарство: Материалы VII Российского национального конгресса. М., 2000. - С. 513-514.4.
8. Challem J. J. *Spirulina*. The microscopic nutrient powerhouse and how it protects and restore health. Connecticut. - 1981. - 24 p. Ветер пепел в лицо швырнул мне
9. Romay C., Gonzalez R., Ledon N. et al. C-phycoerythrin: A biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects // Current Protein and Peptide Science. 2003. - Vol. 4, № 3. - P. 207-216. Я прошу вас не верить, не бояться и не просить!
10. Гмошинский И. В., Егорова Е. А., Фатеева Н. Н., Мазо В. К. Выделение и сравнительная характеристика фикоцианинов, полученных из спирулины и селенсодержащей спирулины. // Биотехнология. 2006. - № 2. - С. 40-43. Все мы смертны. Кто-то позже, кто-то раньше
11. Геворгиз Р. Г., Нехорошев М. В. Количественное определение массовой доли С-фикоцианина и аллофикоцианина в сухой биомассе *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* North. Geitl. Холодная экстракция: учебно-методическое пособие / РАН, Ин-т морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского. – Севастополь, 2017. – 21 с.
12. Первушкин С.В., Маркова И.И., Куркин В.А., Желонкин Н.Н. Разработка методик количественного определения содержания β-каротина и фикоцианина в биомассе спирулины пищевой (*Spirulina plantensis*) ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара // Fundamental research 2013. – № 8. – С. 1008 - 1012.

## **JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF JELLY-FRUIT MARMALADEYES, ENRICHED WITH THE ALGAE SPIRULLINA PLATENSIS**

Isakova Tatyana Sergeevna, Associate Professor of the Department of food biotechnology  
Isachenko Viktoriia Vyacheslavovna, Graduate of the Department of food biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: tatyana.isakova@klgtu.ru,  
sywa-lid-wik@list.ru

*The confectionery industry is one of the most promising industries. The production of marmalade products from local raw materials (apples of the Antonovka variety) enriched with *Spirulina platensis* algae is a new and very relevant direction. The article proposes the technology of jelly-fruit marmalade with the addition of cyanobacteria, substantiates the functional orientation of the new product, calculates a mathematical model of the recipe, and describes the indicators of the finished marmalade. A marketing analysis of the demand of the sugar confectionery segment was carried out.*

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПРОДУКЦИИ ИЗ МОРСКОГО ОГУРЦА–ТРЕПАНГА (*APOSTICHOPUS JAPONICUS*)

Ким Андрей Георгиевич, аспирант

Слущкая Татьяна Ноевна, д-р техн. наук, профессор кафедры

«Технология продуктов питания»

Шадрина Екатерина Васильевна, канд. техн. наук, заведующая методическим кабинетом

ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия, e-mail: katyashadrina83@mail.ru

*Обоснованы ресурсосберегающие технологии получения пищевых продуктов из трепанга хозяйств марикультуры. Показано, что производство сушеной продукции позволяет полностью использовать трепанг. Установлены параметры получения продукции из трепанга с использованием меда как консервирующего компонента. Обоснованы условия и сроки хранения.*

Анализ мировой тенденции по добычи и использованию трепанга показал, что коммерческую ценность имеют около 60-ти видов трепанга, и его добыча ведется 70-ю странами [1]. Наиболее известными являются *Isostichopus badionotus* (Selenka), добываемый в Карибском море, *Stichopus Californicus* (Simpson), обитающий в Восточной части Тихого океана США и Канады, *Stichopus chloronotus* (Brandt), вылавливаемый в Индийском океане, *Stichopus herrmanni* (Semper) – в Южно-Тихоокеанском регионе, *Stichopus horrens* (Selenka) и *Stichopus mollis* (Hutton), а также *Thelenota ananas* (Jaeger), характерные для южной части Тихого океана [2].

Ведущие страны по использованию трепангов, в частности, Китай, Индонезия, Япония и Россия в последние годы активно занимаются выращиванием этого объекта в хозяйствах аквакультуры, что способствует устойчивому росту объемов добычи. Согласно данным ФАО [3] Россия занимает пятое место в мире по объемам изъятия и переработки морских огурцов (в том числе трепангов) – около 5 тыс.т ежегодно, причем большая часть выращивается хозяйствами марикультуры Приморского края.

Несмотря на большое разнообразие культивируемых видов, считается, что трепанг *Apostichopus japonicus* Selenka является наиболее ценным по своим химико-технологическим свойствам. Россия экспортирует именно этот вид трепанга, который в потребительском сегменте НОРЕСА имеет наивысший уровень ценовой категории, поскольку является наиболее близким к естественному [4] за счет пастбищного способа выращивания.

Полученные ранее результаты позволяют заключить, что традиционные способы обработки трепанга (30-ти минутная или 2-х часовая варка) приводят к существенным потерям белковых и небелковых компонентов мышечной ткани. Так, потери белка составляют около 40 % (в том числе – коллагена более 20 %), минеральных веществ около 79 %, аминокислот – 20 %, тритерпеновых гликозидов – 85 % [5, 6]. Особенно важным является то, что гидротермическая обработка приводит к потере биологически активных веществ – гликозидов, для которых показана высокая ингибирующая активность в отношении злокачественных опухолей [7], а также аминокислот, которые могут применяться в качестве противовоспалительного средства [8].

Поэтому целью работы явилось обоснование ресурсосберегающих технологий получения пищевых продуктов из трепангов искусственного воспроизводства.

Объектом исследования являлся трепанг, выращенный и добытый в хозяйствах марикультуры Приморского края свежий, охлажденный или мороженный, а также продукция из него.

При обосновании технологий учитывались известные способы использования сырого, не обработанного объекта, исследовалось влияние консервирующих факторов (сушка, хранение при помощи использования меда).

Технология сушеной продукции включала разработку и обоснование таких параметров как степень измельчения, перечень вкусовых и структурообразующих компонентов, время и температура сушки, продолжительность и условия хранения [9].

Отличительной особенностью такой обработки трепанга является концентрирование белка, неорганических элементов и биологически активных веществ (таблица 1).

Таблица 1

### Характеристика сушеной продукции из трепанга

В процентах				Гликозиды, мг/г	Аминосакхара, мг/г
Вода	Белок	Липиды	Минеральные вещества		
9,0±1,8	64,0±3,8	1,9±0,3	24,9±2,3	12±1,5	17,2±0,1

Так, концентрация калия, магния, кальция, а также селена позволяет отнести сушеную продукцию к источникам этих элементов, а по количеству биологически активных аминсахаров и гликозидов продукция относится к физиологически ценной [10]. Преимущество технологии является использование мышечной ткани (как исходного сырья) сырого не обработанного трепанга. Фактически это означает 100%-ное использование этого гидробионта, что и предопределяет эффективность такого технологического подхода.

При обосновании использования меда как консервирующего агента разрабатывался способ предварительной обработки трепанга перед его измельчением и смешиванием с медом. Установлена целесообразность кратковременной термической обработки разделанного трепанга (удаляются внутренности, венчик и прианальная часть). Эксперименты показали, что такая обработка в течение 1-3 мин способствовала хорошему последующему измельчению и обеспечивала равномерность систем при смешивании с медом.

Обработка паром проводилась при температуре  $75\pm 5$  °С, которая, как установлено ранее [11] является температурой начала коагуляции белков трепанга. Эксперименты показали, что применение температуры ниже  $75\pm 5$  °С не обеспечивает микробиологической безопасности продукта, а при температуре выше  $75\pm 5$  °С происходит излишнее проваривание трепанга, что отрицательно влияет на равномерность системы трепанг-мед. Установлено, что время тепловой обработки зависит от массы трепанга: для крупного, массой 300 г и более оно составляет 2-3 мин, менее 300 г – 1-2 мин; увеличение времени более 3 мин приводит к высокой степени коагуляции белков трепанга, что в последующем не позволяет получить желаемую консистенцию готового продукта.

Измельчение проводилось в два этапа: грубое на волчке с диаметром отверстий решетки не более 1 см<sup>2</sup>, затем куттерование в смеси с медом до образования вязкой массы, которую затем выдерживали при температуре 0-5 °С в течение  $20\pm 2$  дня для обеспечения равномерности системы.

Предварительные эксперименты показали, что распределение трепанга по объему происходит в течение 18-22 дней. Отличительной способностью технологии является использование и вовлечение в систему небольшого количества жидкости, которая образуется при кратковременном нагреве неизмельченного трепанга [12].

Время куттерования устанавливали опытным путем: определено, что проведение процесса менее 5 мин недостаточно для получения однородной массы, а более 15 мин - способствует обильному пенообразованию.

Характеристика готового продукта (таблица 2) свидетельствует о том, что все варианты являются приемлемыми по вкусу, консистенции и внешнему виду, однако при организации производства остановились на вариантах 2 и 3.

**Характеристика продукта «Трепанг на меду «Морской мед»»**

№	Соотношение компонентов мед/трепанг	Консистенция, цвет	Вкус, аромат	Содержание гликозидов, мг на 100 г продукта
1	30 : 70	Пластичная Темно-коричневый	Ярко выраженный вкус трепанга с оттенком меда	182
2	50 : 50	Вязкая, пластичная Коричневый	Приятный вкус трепанга, аромат меда	130
3	60 : 40	Вязкая, текучая, желто-серый	Вкус трепанга, сильный аромат меда	104

Как видно из результатов таблицы 2 количество биологически активных тритерпеновых гликозидов находятся в пределах 100-180 мг на 100 г продукта; ежедневное употребление 50 г составляет рекомендуемую дозу для выраженного положительного физиологического эффекта; увеличение до 100-120 г в сутки способствует выраженному положительному влиянию на физическую и умственную работоспособность человека [13].

Срок годности устанавливали после составления и утверждения соответствующей программы испытаний в сертифицированном центре. Срок годности 8 мес при температуре 0-5 °С обосновывался с учетом органолептических, физико-химических (таблица 3) и химических показателей, а также после микробиологических исследований.

Таблица 3

**Органолептические и физико-химические показатели продукта «Трепанг на меду «Морской мед»»**

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Текучая желеобразная масса с кусочками трепанга
Цвет	От желто-серого до темно-коричневого различных оттенков. Допускается не ровный цвет
Вкус	Свойственный данному виду продукта со вкусом трепанга, без посторонних примесей
Аромат	Приятный аромат меда от слабого до сильного
Консистенция	Желеобразная. Допускается небольшой отстой жидкой части
Однородность	Допускается разделение жидкой и густой части продукта
Посторонние примеси, включения	Не допускается
Признаки брожения	Не допускается

По химическим показателям «Трепанг на меду «Морской мед»» соответствовал требованиям и нормам, указанным в таблице 4.

Таблица 4

**Химические показатели продукта «Трепанг на меду «Морской мед»»**

Наименование показателя	Норма	Фактический показатель
Массовая доля редуцирующих сахаров (к абсолютно сухому веществу), % не менее	60,0	82,3±0,7
Массовая доля сахарозы (к абсолютно сухому веществу), % не менее	5,0	16,6±0,7
Массовая доля влаги, %, не более	75,0	62,6±1,0
Содержание оксиметилфурфурола, мг, не более	25,0	не обнаружено

Обоснование технологии желированного пищевого продукта «Пресервы «Трепанг на меду» в желейной заливке» заключалось в экспериментальном подборе количества желирующей добавки «Рондагам-Гелика» и разработке техники ее внесения. Трепанг подвергали предварительной кратковременной гидротермической обработке и двойному измельчению, как описано ранее. Структурообразователь растворяли в жидкости, полученной после тепловой обработки трепанга и добавлял его к системе трепанг–мед в количестве, установленном с учетом времени образования стабильной структуры через 1 ч после охлаждения готовой продукции.

Рецептуру желированной массы (таблица 5) обосновывали путем органолептической оценки вариантов.



## Рецептуры желированной массы, кг на 100 кг продукта

Компоненты	Рецептура №1	Рецептура №2	Рецептура №3
Трепанг	55,0	60,0	65,0
Мед	35,0	30,0	25,0
Желейная заливка	10,0	10,0	10,0

Особенностью технологии является то, что полученную массу перед фасованием подвергают нагреву при температуре  $75\pm 5$  °С до достижения температуры в центре массы не менее  $70\pm 2$  °С, после чего ее направляют на фасование и последующее охлаждение [14]. Количественное содержание биологически активных гликозидов составляла для вариантов рецептуры 1-3 соответственно 120, 148, 151 мг на 100 г продукта, что позволяет отнести его к физиологически ценным. Пресервы обладают упругой желеобразной консистенцией, приятным ароматом меда с оттенком запаха трепанга. Срок хранения в герметичной упаковке при температуре 0-5 °С составляет пять месяцев.

Таким образом, обоснованные и разработанные ресурсосберегающие технологии позволяют производить ряд продуктов из трепанга, обладающих физиологически полезными свойствами за счет полного сохранения компонентов и исключения потерь этого ценного вида сырья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стивен В. Коммерчески важные виды трепанга в мире. Каталог ФАО промысловых видов гидробионтов. – № 6. – 2012. – 223 с.
2. Bruchner A.W. Conservation strategies for sea cucumbers / A.W. Bruchner, K.A. Johnson, J.D. Field // Int.Bulleten. – 2003. – V.18. – P.24-33.
3. Информационный портал Тридж // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.tridge.com/intelligences/seacucumber/production> (дата обращения 18.06.2020).
4. Аюшин Н.Б. Химический состав и содержание биологически активных веществ в мышечной ткани трепанга *Stichopus Japonicus* / Н.Б. Аюшин, А.Г. Ким, Т.Н. Слуцкая // Известия вузов. Пищевая технология. – 2014. – №4. – С.35-37.
5. Slutskaya T.N. Changes of the quantitative content biologically active substances and collagen under the termal processing of Holothurian (Holothuridae) / T.N. Slutskaya, A.G. Kim, E.V. Chernova // Ecology of marginal seas and their Basins. Materials of the International Scientific Conference. September, 28–30. – 2013. – Vladivostok, Russia. – P. 285-290.
6. Чепкасова А. А. Влияние различных видов технологической обработки трепанга на содержание тритерпеновых гликозидов и селена в отходах его переработки / А.А. Чепкасова, Н.Б. Аюшин., Т.Н. Слуцкая, Л.Т. Ковековдова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2018. – № 5 – 6. – С. 56-60.
7. Анисимов М. М. О биологической роли тритерпеновых гликозидов / М. М.Анисимов, В. Я. Чирва // Успехи современной биологии. – 1980. – Т. 90. – Вып. 3 (6). – С. 80-88.
8. Николаева Н.Е. Глюкозамин – лекарственное вещество из панцирей ракообразных // Мировое рыболовство. – М.: ЦНИИТЭИРХ., 1969. – №1. – С.43-45.
9. Максимова С.Н. Обоснование и разработка технологи сушеного формованного продукта из трепанга / С.Н. Максимова, Т.Н. Слуцкая, А.Г. Ким, Е.В. Федосеева, Е.М. Панчишина, Е.В. Суворцева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т.8. – С.122-127.
10. Ким А.Г. Характеристика сушеной продукции (снеков) из трепанга (*Stichopus Japonicus*) / VI Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» 20-21 мая 2020. – Дальрыбвтуз. Владивосток. – 2020. – С. 41-44.
11. Слуцкая Т. Н. Исследования по химии и технологии трепанга и кукумарии: автореферат дис.... канд. техн. наук. – М., 1975. – 23 с.
12. Способ приготовления трепанга на меду: пат. 2528694 С1 РФ. / Г.Н. Ким, А.Г. Ким, Н.А. Кучеренко. Опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26.

13. Акулин В.Н. Эффективность биологически активных добавок из голотурий и совершенствование технологии их получения / В.Н. Акулин, К.Г. Павель, Т.Н. Слуцкая, Г.Н. Тимчишина, Е.В. Якуш // Известия ТИПРО. – 2012. – Т.170. – С. 291-298.

14. Способ приготовления желированного продукта из трепанга на меду (варианты): патент 2532052 С1 РФ. / Г.Н. Ким, А.Г. Ким, Н.А. Кучеренко. Опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26.

## **RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR OBTAINING PRODUCTS FROM SEA CUCUMBER-TREPANG (APOSTICHIPOUS JAPONICUS)**

Kim Andrey Georgievich, graduate student  
Slutskaya Tatyana Noevna, Dc. Sc. Engineering, Prof.  
Shadrina Ekaterina Vasil`evna, Cand. Sc. Engineering, Head of the methodical office

FESTFU «Dalrybvtuz»  
Vladivostok, Russia, e-mail: katyashadrina83@mail.ru

*Resource-saving technologies for obtaining food products from trepang farms of mariculture are justified. It is shown that the production of dried products allows the full use of trepang. The parameters for obtaining products from trepang using honey as a preservative component are set. The conditions and terms of storage are justified.*

УДК 637.352

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЯГКИХ СЫРОВ**

Ключко Наталия Юрьевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пищевой биотехнологии  
Фартышева Анастасия Леонидовна, аспирант кафедры пищевой биотехнологии  
Филиппова Дарья Вячеславовна, магистрант кафедры пищевой биотехнологии  
Позднякова Дарья Александровна, магистрант кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: natalya.kluchko@klgtu.ru

*Представлен анализ предпочтений жителей Калининградской области при выборе сыров, который показал перспективность расширения их ассортимента. Показаны возможности совершенствования технологий мягких сыров. Предложен способ обогащения адыгейского сыра высушенными плодами шиповника как источника витамина С. Изучены возможности использования водного биологического сырья в технологии рассольного сыра (фукуса пузырьчатого, коллагенового гидролизата, полученного из кожи рыб). Исследован аминок- и жирнокислотный состав готового продукта, показана его функциональность.*

Анализ экономических и технологических особенностей выработки различных видов сыров показывает, что в настоящее время перспективно производство мягких сыров [1]. Их преимуществом является более эффективное использование сырья, короткий срок созревания, высокая биологическая ценность продукта. Организация производства мягких сыров не требует больших капитальных вложений и возможна практически на любом действующем молокоперерабатывающем предприятии.

Немаловажное значение в существующей экологической обстановке приобретает создание технологий сыров с функциональными свойствами для различных групп населения [2]. Это долж-

ны быть доступные разным слоям населения продукты, выполняющие не только задачу обеспечения населения полноценным белком и кальцием, но и несущие в себе определенные профилактические свойства: обогащенные микро- и макроэлементами, витаминами и другими биологически активными веществами.

Студентами и аспирантами кафедры пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ» изучены предпочтения потребителей Калининградской области при выборе сыров. В опросе участвовало 100 человек, из них: 52% - женщины, 48% - мужчины, среди них: 12 % - в возрасте до 20 лет, 35 % - от 20 до 30 лет, 29 % - от 31 до 40 лет, 19 % – от 41 до 55 лет, 5 % - старше 55 лет. Установлено, что 41% опрошенных покупают сыры один раз в неделю, 38 % - один раз в две недели (рисунок 1). При выборе продукта большинство покупателей ориентируются на цену (43% респондентов), 22% - на производителя, 23% - на вкусовые качества (рисунок 1).

23% респондентов отдают предпочтения российским маркам и производителям, 26% - зарубежным, 51 % - и тем, и другим. Большинство респондентов приобретают сыры в супермаркетах и магазинах (89 %): единоразово до 300 г сыра - 59%, от 300 – 500 г - 39% (рисунок 2). Первое место по популярности занимают твёрдые, на втором – мягкие и рассольные сыры (рисунок 3). Только 10% респондентов устраивает ассортимент сыров на рынке, 44 % - вовсе не устраивает.

В качестве обогащающих компонентов мягкого и рассольного сыра 30 % респондентов хотели бы видеть компоненты морского происхождения, 28% - растительного происхождения, 23 % - бобовыми, орехами и отрубями (рисунок 4). Анализируя данные, представленные на рисунках 1-4 можно утверждать, что респондентам интересна данная категория мягких и рассольных сыров, а совершенствование их рецептуры новыми натуральными компонентами представляется актуальным.

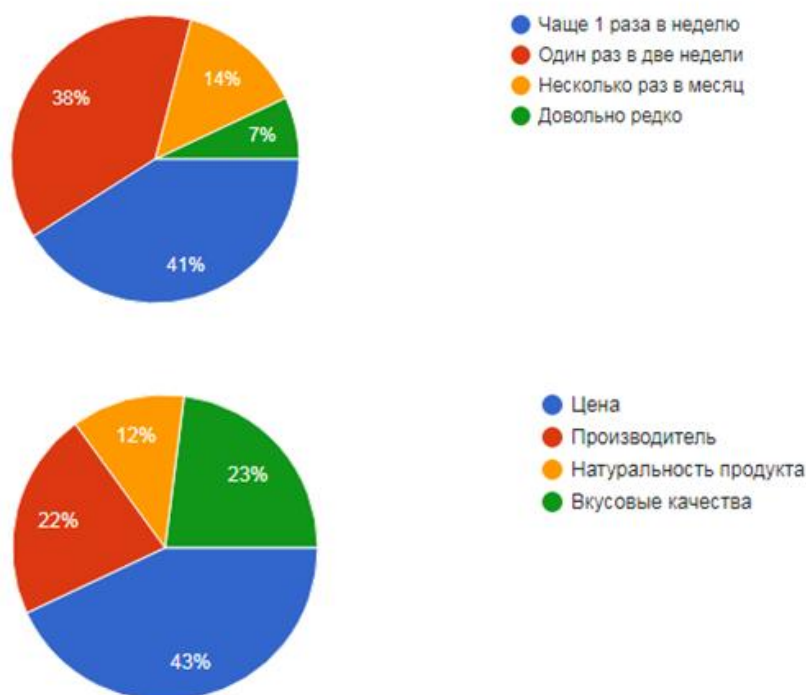


Рис. 1. Распределение респондентов по частоте употребления сыра и критерии выбора сыров при покупке, %

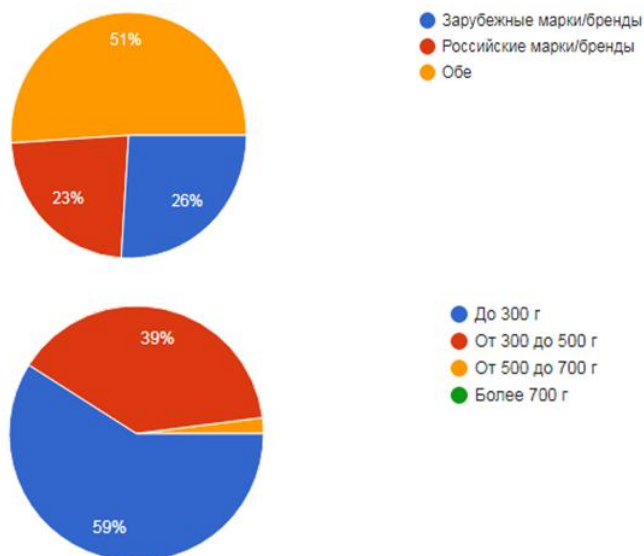


Рис. 2. Предпочтения потребителей по производителям сыра и количеству его приобретения, %

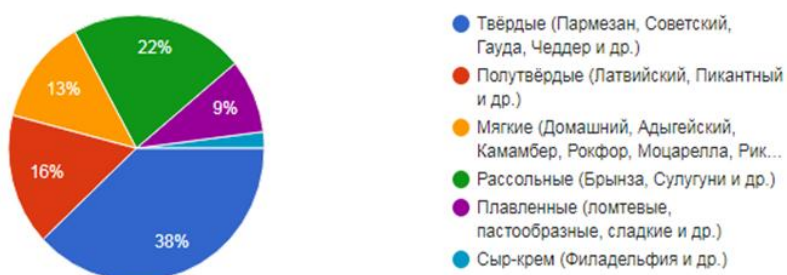


Рис. 3. Распределение респондентов по месту приобретения сыра и предпочтения по видам сыра, %

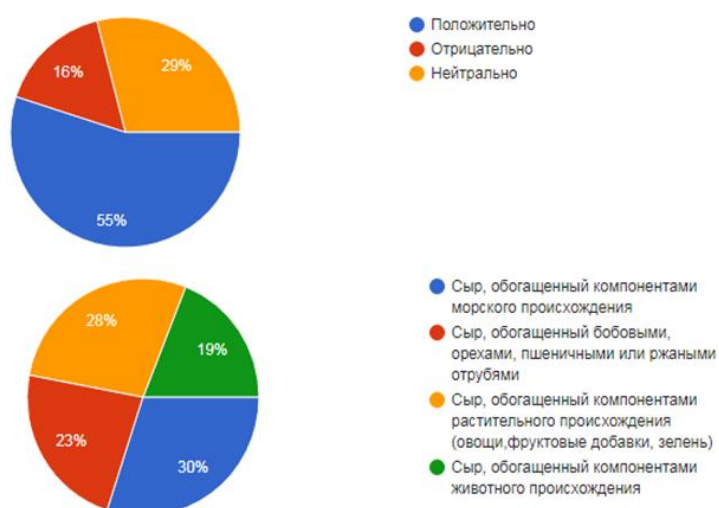


Рис. 4. Отношение респондентов к появлению обогащенного рассольного сыра и предпочтения в отношении обогащающих компонентов рассольного сыра, %

Поздняковой Д.А., Ключко Н.Ю. предложена технология обогащённого адыгейского сыра путем внесения плодов шиповника *Rosa cinnamomea L.* в качестве источника витамина С. Аскорбиновая кислота важна для роста и восстановления клеток тканей, десен, кровеносных сосудов, костей и зубов. Эпидемиологические исследования показали, что недостаточное поступление витамина С в организм человека напрямую коррелирует с быстрыми темпами потери костной массы [3].

Для приготовления адыгейского сыра в подготовленное сырое козье молоко вносили подтвороженную сыворотку кислотностью от 85-150 °Т до образования сырных зерен. Затем формовали полученную массу, отделяли сыворотку. После самопрессования сырных головок их просаливали сухой солью путем натирания.

Экспериментально было установлено, что измельченные и очищенные от семян плоды шиповника стоит добавлять после приготовления сырного сгустка, предварительно сливая сыворотку из сыроизготовителя и распределяя их при перемешивании. При этом происходит равномерное распределение шиповника по всему объёму сырной массы, набухание и размягчение, а также минимизируются потери витамина С. Рассчитана физиологическая потребность необходимого количества плодов шиповника для введения в рецептуру адыгейского сыра из козьего молока для удовлетворения суточной потребности в витамине С с учетом рекомендуемой нормы потребления сыра в день (70 г), которая составила 2,32 г/100 г готового продукта.

Органолептическая характеристика обогащенного адыгейского сыра из козьего молока показала, что это продукт молочного цвета, на поверхности и на срезе видны включения плодов шиповника, поверхность морщинистая, увлажненная, без ослизнения, корка отсутствует, вкус - сырный, умеренно соленый, с не ярко выраженным привкусом шиповника, имеет нежную однородную в меру плотную консистенцию. Экспериментально определены основные физико-химические и биохимические показатели обогащенного продукта: массовая доля влаги составила 57,0 %, белка - 15,7%, жира - 23,1%, поваренной соли – 3,0%. Результаты исследований показали, что полученный продукт соответствует характеристике «отличного качества».

Предложенная технология адыгейского сыра из козьего молока, обогащенного плодами шиповника, позволяет получить функциональный продукт, удовлетворяющий суточную потребность в кальции – на 30,1%, витамине С – 30%, натрии и витамине А – на 19,6%, фосфоре – на 16,8%. Готовый продукт легко усваивается организмом, содержит микронутриенты, которые поддерживает иммунитет за счет высокого содержания аскорбиновой кислоты в готовом продукте, а также может быть рекомендован для профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА). Сыр можно рекомендовать всем возрастным группам населения, в особенности людям пожилого возраста со сниженным иммунитетом.

Фартышевой А.Л., Филипповой Д.В., Ключко Н.Ю. предложена технология рассольного сыра функционального назначения с использованием морской бурой водоросли *Fucus vesiculosus* и гидролизованного коллагенсодержащего сырья, полученного из кожи трески.

Фукус пузырчатый - макрофитная многолетняя водоросль, встречающаяся в России в Белом, Баренцевом и Балтийском морях, являющаяся источником высокого содержания йода. Оценка содержания последнего показала его содержание на уровне 83,8 мкг/г, что говорит о высоком биологическом потенциале сырья.

Кожи трески - источник коллагена, необходимого для нормального функционирования ОДА человека [4]. Спектрофотометрическое определение оксипролина в исследуемых образцах кожи трески показало его присутствие на уровне 6,1%. Хроматографический анализ аминокислотного состава кожи трески показал, что белки содержат значительное количество заменимых и частично заменимых аминокислот: глицина (5,77%), пролина (2,58%), аргинина (2,4%), аланина (2,35%) и незаменимых – валина (2,52%) и лизина (1,3%). Полученные результаты подтверждают литературные данные об аминокислотном составе коллагена рыб, который характеризуется обязательным присутствием оксипролина, являющегося особенностью соединительной ткани рыб, и практически полным отсутствием триптофана, являющегося неотъемлемой частью мышечной ткани животных и рыб. Глицин, пролин и гидроксипролин являются наиболее важными аминокислотами в коллагене, которые составляют 50 % от общего содержания аминокислот в белке. Содержания пролина и гидроксипролина особенно важно для желирующего эффекта, что потенциально может оказать положительный эффект при формировании структуры рассольного сыра. Поэтому гидролизат кожи трески можно реко-

мендовать в качестве функциональной добавки для профилактики заболеваний ОДА и технологической – для формирования структуры рассольного сыра.

Сущность предложенного технологического решения приготовления рассольного сыра заключается в кислотно-ферментативном гидролизе сухой кожи трески и последующем введении полученного гидролизата в сырную массу. Для повышения хранимоспособности добавляли ЖКС «Фито-мята».

Оценка качества готовой продукции показала, что сыр имеет характерный внешний вид, поверхность ровную, со следами серпянки, цвет белый с сероватым оттенком с вкраплениями фукуса и кожи рыбы, консистенцию однородную, умеренно плотную, вкус и запах - сырный, копченый, в меру солёный вкус, с характерным привкусом водорослей и рыбы.

Результаты физико-химических показателей качества рассольного сыра, который назвали «Морской», представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Физико-химические и биохимические показатели качества рассольного сыра «Морской»**

Наименование показателя	Результаты экспериментальных определений
Массовая доля влаги, %	56,3
Массовая доля белка, %	17,6
Массовая доля коллагена, % от общего белка	23
Массовая доля жира, %	17,8
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	40,7
Массовая доля углеводов, %**	3,6
Массовая доля минеральных веществ, %	4,7
Массовая доля поваренной соли, %	4,0
Массовая доля йода, мг/кг	6,35
Энергетическая ценность продукта, ккал	245

\*\* данные получены расчетным путем

Спектрофотометрическое определение оксипролина в составе рассольного сыра (контрольный образец) составило 2,42 мг%, рассольного сыра «Морской» (экспериментальный образец) - 6,77 мг%, что в 2,8 раза больше. Анализ полученных данных показал, что по составу незаменимых аминокислот существенного отличия нет в экспериментальном и контрольном образцах. Безусловно, внося гидролизованное коллагенсодержащее сырье, мы не преследуем цель повысить биологическую ценность по содержанию незаменимых аминокислот. Коллаген, содержащийся в коже трески, скуден по аминокислотному составу, и считается неполноценным белком. В работе решена задача внесения «кирпичиков» для построения коллагена в организме человека: глицина (больше в 1,8 раза в экспериментальном по сравнению с контрольным образцом), пролина (в 1,4 раза), а также аргинина и лизина.

Анализ жирнокислотного состава рассольного сыра «Морской» представлен в таблице 3.17, из которого видно, что замена части молочного сырья гидролизованным коллагенсодержащим - не ухудшило состав продукта. Содержание основных ценных жирных кислот осталось на прежнем уровне: незначительно уменьшилось содержание олеиновой кислоты (с 26,5 до 20,6%), при этом увеличилось стеариновой (с 21,0 до 27,0%), линолевой (с 4,0 до 4,1%) кислот.

Определение биологической ценности рассольного сыра «Морской» (на 100 грамм готового продукта) показала, что при употреблении 70 г обогащенного продукта удовлетворяется суточная потребность человека в кальции – на 36,8%, йоде – на 30%, селене – на 8,1%, витамине С – на 4,6%. Проведенные работы показали целесообразность данных исследований и перспективность их дальнейшего развития.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Перспективы развития отечественного сыроделия. [Электронный ресурс]. URL <http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=2252>

2. Бабуря, Е.А. Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Калининградской области по показателям социально-гигиенического мониторинга в 2016 году. [Электронный ресурс]. URL [http://39.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/byulleten\\_zdorove\\_2017.pdf](http://39.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/byulleten_zdorove_2017.pdf)

3. Громова, О.А., Торшин, И.Ю., Лиманова О.А. Кальций и его синергисты в поддержке костной структуры соединительной и костной ткани // Лечащий врач, № 5. – 2004. – С. 69-74 [Электронный ресурс]. URL [https://www.calcemin.ru/files/article\\_1.pdf](https://www.calcemin.ru/files/article_1.pdf)

4. Зарубин, Н.Ю. Разработка технологии продукта с использованием композиции на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб и растительных компонентов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств / Н.Ю. Зарубин. – Москва, 2018. – 193 с.

## **A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SOFT CHEESE**

Klyuchko Natalia Yuryevna, associate Professor of the Department of food biotechnology  
Fartysheva Anastasiya Leonidovna, PhD student, Department of food biotechnology  
Filippova Daria Vyacheslavovna, master's student of the Department of food biotechnology  
Pozdnyakova Darya Alexandrovna, master's student of the Department of food biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: [natalya.kluchko@klgtu.ru](mailto:natalya.kluchko@klgtu.ru)

*An analysis of the preferences of residents of the Kaliningrad region when choosing cheeses, which showed the prospects for expanding their range, is presented. The possibilities of improving soft cheese technologies are shown. A method for enriching Adyge cheese with dried rosehip fruits as a source of vitamin C is proposed. The possibilities of using water-based biological raw materials in the technology of brine cheese (fucus bubblegum, collagen hydrolysate obtained from fish skin) were studied. The amino-and fatty-acid composition of the finished product is studied and its functionality is shown.*

УДК 639.385: 581.192

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ БИОПРОДУКТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА**

Король Сона, бакалавр  
Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: [68.sona.86@gmail.com](mailto:68.sona.86@gmail.com); [mezenova@klgtu.ru](mailto:mezenova@klgtu.ru)

*Разработана технология нового пищевого желированного биопродукта на основе экстрактов лекарственного растительного сырья и гидролизатов рыбной чешуи. Биопродукт предназначен для укрепления нервной системы. Основными функциональными ингредиентами с антистрессовым эффектом биопродукта являются глицин, флавоноиды, витамин С. Обоснованы его органолептические и физико-химические показатели качества. С учетом содержания глицина предложены рекомендации по употреблению биопродукта.*

Проблема стресса актуальна в жизни каждого человека. Стресс отрицательно влияет на физическое и эмоциональное состояние человека, на его способность в нужное время принять правильное решение. Нередко систематические стрессы становятся причиной развития заболеваний

нервной системы. Для того, чтобы легче справляться со стрессовыми обстоятельствами необходимо употреблять продукты специализированного питания. Пища, богатая биологически активными веществами антистрессовой направленности, может значительно повысить сопротивляемость организма внешним возбуждающим факторам [1, 2].

Перспективными сырьевыми источниками, богатыми физиологически активными компонентами с антистрессовым эффектом, являются листья мяты перечной, цветы ромашки аптечной, плоды боярышника, листья подорожника. Эти растения широко произрастают в Калининградской области и практически не используются в пищевых технологиях. Данные растительные источники богаты витаминами, содержат много ценных биологически активных веществ (БАВ), повышающих иммунитет и обладающих успокаивающим эффектом (антидепрессантов). В основном их рекомендуется использовать в виде настоев [3, 4].

Важную роль в повышении антистрессовой устойчивости организма играет аминокислота глицин. Доказано, что нехватка данной аминокислоты приводит к повышению уровня тревожности и нервной возбудимости, депрессии, снижению эффективности мыслительных процессов. Данной аминокислотой-нейромедиатором богаты коллагеновые ткани, в том числе рыбная чешуя. В КГТУ на кафедре пищевой биотехнологии на основе гидролизата чешуи была разработана новая пищевая технологическая добавка «Ихтиоколлагеновый ферментализат», которая богата глицином, а также такими полезными аминокислотами, как аланин, глутаминовая кислота, тирозин, которые повышают стрессоустойчивость организма [5].

Перспективно изготавливать биопродукты с компонентами-антидепрессантами в виде желированных продуктов, которые имеют вид сладких кондитерских изделий, называемых «желатинками». Для повышения биологической ценности «желатинок» предлагается в качестве «сладкого» компонента применять тонко измельченную стевию, которую разрешено использовать как сахарозаменитель. Для создания требуемой консистенции применяется структурообразователь животного происхождения желатин, который также богат аминокислотой-медиатором глицином. Перед введением в состав биопродукта желатин предлагается замачивать в водном растворе фитоэкстрактов из лекарственных трав. Для улучшения вкусовых характеристик фитоэкстрактов в итоговую композицию вводится лимонная кислота. В связи с повышенным содержанием воды и для предотвращения усушки «желатинки» ее поверхность рекомендуется покрывать тонким слоем пищевой восковой смеси, что гарантирует пролонгированное растворение продукта при смачивании слюной. При систематическом употреблении таких продуктов, богатых гидролизатом рыбной чешуи, желатином и растительными БАВ-ми успокоительного действия, можно существенно помочь организму в профилактике нервных заболеваний, предотвратить нервные срывы, повысить устойчивость организма к стрессу.

Целью работы является обоснование технологии нового функционального продукта на основе гидролизата рыбной чешуи и фитоэкстрактов лекарственных трав с компонентами антистрессовой направленности в форме желированного изделия, обладающего приятными органолептическими свойствами.

В результате поисковых экспериментов по обоснованию технологии и состава готовой желированной биопродукции нами были изготовлены три опытных образца «желатинок», обладающих различными вкусовыми характеристиками, проявление которых объясняется наличием специфических вкусо-ароматических компонентов из экстрактов использованных лекарственных трав. Готовые биопродукты, получившие название «АнтиНейрон», предлагаются к изготовлению в следующем ассортименте:

- «АнтиНейрон мята»;
- «АнтиНейрон боярышник»;
- «АнтиНейрон ромашка+подорожник».

Приготовление желированных биопродуктов антистрессовой направленности осуществляется по технологической схеме, приведенной на рисунке 1.



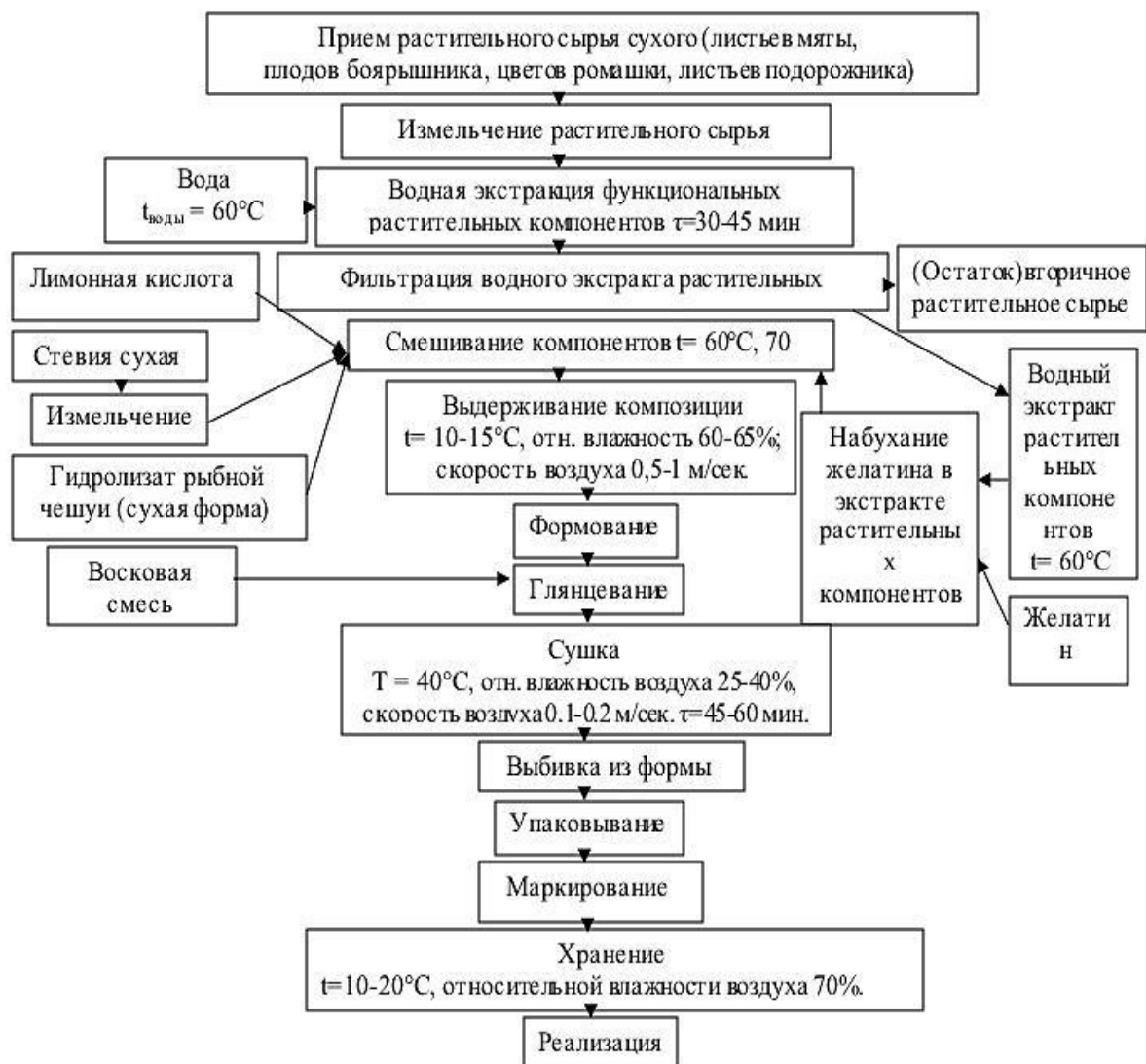


Рис. 1. Технологическая схема производства биопродуктов «АнтиНейрон»

Ключевыми операциями технологии являются приготовление фитоэкстрактов, введение в них желатина, его набухание, составление рецептурной смеси, выдерживание композиции, формование, гляцевание и сушка биопродукта. Для изготовления фитоэкстрактов берут навеску сухого растительного сырья, измельчают, помещают в ёмкость и заливают горячей водой температурой 60°C (гидромодуль 1:7), выдерживают при этой температуре 30 мин, после чего жидкость фильтруют. Параллельно желатин отweighивают в соответствии с расчетом и заливают охлажденным фитоэкстрактом, где оставляют для набухания 30 минут. Замоченный набухший желатиновый раствор, помешивая, подогревают при температуре не выше 60 °C до полного растворения. Далее в эту массу при перемешивании вводят требуемое количество пищевой технологической добавки «Ихтиоколлагеновый ферментоллизат», измельченную стевию и лимонную кислоту. Полученную клейкую пищевую массу разливают в формы, которые выдерживают для образования требуемой консистенции, после чего направляют на покрытие восковой смесью. Глянцевание осуществляется нанесением на поверхность биопродукта жидкой дисперсии натурального воска. Сушат биопродукт при температуре воздуха 40°C и его относительной влажности 25-40% в течение 45-60 мин.

Готовый биопродукт «АнтиНейрон» по органолептическим показателям должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1. Видно, что биопродукт представляет собой упругое желированное формованное изделие коричневого цвета, легко раскусывается, постепенно растворяется в слюне. В аромате и вкусе «желатинок» имеются специфические оттенки, обусловленные наличием оригинальных компонентов, характерных для вносимого фитоэкстракта лекарственного растения (листья мяты, плоды боярышника и др.).

**Органолептические показатели биопродукта «АнтиНейрон»**

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Изделия целые, различной формы, непрозрачные, с ровными срезами, поверхность глянцевая
Цвет	Кот светло- до темно-коричневого, однородный, равномерный.
Аромат	Ярко выраженный, свойственный компонентам, которые привнесены из растительных источников (мяты, боярышника, ромашки и подорожника), сладковатый, без горечи, сбалансированный
Вкус	Интенсивно выраженный, приятный, натуральный, свойственный растительным компонентам состава, гармоничный
Консистенция	Упругая, прочная, желированная без отслаивания жидкости, легко раскусывающаяся

Проведенные исследования позволили установить основные физико-химические показатели биопродукта «АнтиНейрон», приведенные в табл. 2

Таблица 2

**Требования к физико-химическим показателям биопродукта «АнтиНейрон»**

Наименование показателя	Значение показателя
Масса одного изделия, г	5
Массовая доля растворимых сухих веществ, не менее %	40
Массовая доля белка, не менее, %	17,0
рН	5,6 – 6,4
Посторонние примеси	Не допускаются
Содержание глицина, не менее, г/100 г	3,0
Содержание флавоноидов, не менее, мг/100 г	1,0
Содержание витамина С, не менее, мг/100 г	2,0

Биологическая ценность и специализированность разработанного биопродукта основаны на наличии в нем функциональных ингредиентов с подтвержденным антистрессовым эффектом - глицина, витамин С, флавоноидов.

Основным функциональным ингредиентом в биопродукте является глицин. Его доказанный физиологический эффект обусловлен тем, что глицин уменьшает психоэмоциональное напряжение, агрессивность, конфликтность, повышает социальную адаптацию, улучшает настроение, облегчает засыпание и нормализует сон, уменьшает токсическое действие многих средств, угнетающих функцию центральной нервной системы [6].

Для поддержания нормального психоэмоционального состояния организму также необходима аскорбиновая кислота, особенно во время стресса. Витамин С выполняет в организме множество полезных функций. Он является мощным антиоксидантом, играет важную роль в регуляции окислительно-восстановительных процессов, участвует в синтезе коллагена и проколлагена, участвует в обмене фолиевой кислоты и железа, регулирует свертываемость крови, нормализует проницаемость капилляров, необходим для синтеза гормонов стресса – стероидных гормонов и катехоламинов, является фактором защиты организма от последствий стресса [7].

Антистрессовым эффектом обладают и флавоноиды. Исследования ученых доказали эффективность флавоноидов для профилактики развития нейродегенеративных заболеваний, что объясняется тем, что флавоноиды могут модулировать нейронные функции, обладают антиоксидантными свойствами. Продукты, богатые флавоноидами, защищают нейроны, защищают их от окисления и усиливают их регенерацию [8].

В соответствии с требованиями МЗ 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» суточная норма употребления глицина составляет 3,5 – 5,6 г [9]. Принимая во внимание содержание глицина (табл. 2) рекомендуемые нормы употребления биопродукта массой 5 г, в зависимости от его вида, составляют 100 г, что соответствует приему внутрь 3,19-3,25 г чистого глицина или будет удовлетворять его суточную потребность на 78 -

81,3%. Разработанный биопроduct рекомендуется употреблять 2-3 раза в сутки по 30-50 г (по 6-9 штук за один прием), после еды, в качестве дополнительного источника БАВ - антидепрессантов.

Исходя из приведенных расчетов по количеству поступающего в организм глицина, можно считать, что все виды биопроductа серии «АнтиНейрон» являются функциональными пищевыми изделиями, потенциально обладающими антистрессовым эффектом (ГОСТ Р 54059-2010 Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования.). Принимать новые биопроductы следует как обычный жевательный мармелад на желатиновой основе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верещагина, А. А., Колчанова А. Н Стресс: причины, следствия, защита - Вопросы экономики и управления. - 2016. - № 5.1 (7.1). - 117-119 с.
2. Селье Г. Стресс без дистресса. - М.: Прогресс. - 2012. - 318 с.
3. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. - Изд: КМК. -2014. – Т. 6. – 392 с.
4. Ладыгина Е.Я., Сафронич Л.Н., Отрященко В.Э Химический анализ лекарственных растений: учеб.пособие для фармацевтических вузов. – М.: Высш. Школа. - 1983. – 176 с.
5. Мезенова О.Я., Матковская М.А. Биотехнологии новых функциональных проductов на желатиновой основе из вторичного рыбного сырья. - Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2014. - № 1. - 111-113 с.
6. Иванова А.Л., Ивашев М.Н. Метаболизм препарата глицин. - Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2-1. – 37-39 .
7. Carr A.C. Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. – 2017. - № 69. - 1086 p
8. Уминский А. А., Хавстеен Б. Х., Баканева В. Ф. Биохимия флавоноидов и их значение в медицине. - Фотон-век, 2007. – 262 с.
9. МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ [Электронный ресурс] // Министерство здравоохранения Российской Федерации [Офиц. сайт]. URL: <http://www.minzdravsoc.ru/docs/mzsr/letters/204> (дата обращения: 25.04.2020).

## RESEARCH ON BIOPRODUCT TECHNOLOGY, INTENDED TO INCREASE STRESS RESISTANCE OF THE ORGANISM

Korol Sona, bachelor

Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia

e-mail: 68.sona.86@gmail.com; mezenova@klgtu.ru

*The technology of a new food jellied biological product based on extracts of medicinal plant raw materials and hydrolysates of fish scales has been developed. The bioproduct is designed to strengthen the nervous system. The main anti-stress functional ingredients in the bioproduct are glycine, flavonoids, vitamin C. The organoleptic and physicochemical indicators of the bioproduct quality have been substantiated. Taking into account the glycine content, recommendations for use are offered.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЫБНОЙ ОТРАСЛИ

Кострикова Наталья Анатольевна, канд. физ.-мат. наук, доцент,  
проректор по научной работе  
Дектярев Александр Владимирович, аспирант  
Яфасов Абдурашид Яруллаевич, д-р техн. наук, начальник управления  
инновационной деятельности

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: natalia.kostrikova@klgtu.ru; a.dektyarev@shipyard-yantar.ru;  
yafasov@list.ru

*Цель работы – оценить возможности применения аддитивных технологий биопечати в рыбной отрасли. Новизна работы заключается в том, что это первый обзор и подобная структуризация и разделение 3D-биопечати в рыбной отрасли на две составляющих: пищевую промышленность и медицину. Выводы – 3D-биопечать в рыбной отрасли носит фрагментарный характер и направлена, в основном, на изготовление экспериментальных пищевых продуктов, регенеративную медицину и тканевую инженерию; для полноценного внедрения требуется решить ряд технологических и нормативно-правовых вопросов.*

### Введение

В рыбной отрасли 3D-печать получила свое распространение как элемент технологии пищевой промышленности, медицины и робототехники. В последнем случае, в основном рассматриваются методы 3D-печати роботов в виде рыб, без приставки «био» [1-4], однако, растут исследования в части применения в биомедицине [5, 6], имеющие, по мнению авторов, значительные перспективы. Природные полимеры из морских ресурсов привлекают все большее внимание в последние годы, поскольку они биологически активны и многочисленны по сравнению с полимерами из других ресурсов [7]. Для медицины дальнейшее развитие новой области 3D-биопечати связано с методами отбора подходящих материалов для биопечати, обеспечением механической прочности и биосовместимости. Биопечать полезна при индивидуальном протезировании, создании специальных смесей для быстрого заживления ран, а также накладок, шин и регенерации костной ткани. В пищевой промышленности развивается направление биотехнологий подготовки ингредиентов для печатания различной продукции в виде морепродукции, практически не отличимой от продукции с традиционной переработкой биосырья, добываемого в Океане. Аддитивные технологии позволяют реализовывать новые пищевые технологии и производить новые продукты питания сложной формы с использованием специальных смесей питательных материалов. При этом упрощается производственный процесс, он легче поддается автоматизации, можно создавать новые дизайны пищевых продуктов и повышать пищевую ценность [8]. Принципиально новым свойством 3D-биопечати пищевых продуктов является возможность персонализации продукции.

В данной работе выполнен обзор исследований по двум направлениям 3D-биопечати в рыбной отрасли: возможности аддитивных технологий в пищевой промышленности на примерах приготовления рыбных субстратов и в медицинской сфере при изготовлении различных регенеративных инструментов, в которых выделяется незаменимость рыбных ферментов.

### 1. Пищевая промышленность

#### 1.1 3D-печать рыбных сурими

В работе [9] представлена разработка новых пищевых структур для 3D-печати на основе гелевой системы с рыбным сурими. Сурими – это типичный промежуточный рыбный продукт (ри-

сунок 1). Гелеобразование сурими вызывается денатурацией белка с последующей агрегацией [10, 11]. Новые текстуры могут быть созданы с помощью механизма гелеобразования сурими с желатином, альгинатом и другими полисахаридами, регулируемые как механизмами частичного гелеобразования, так и механизмами образования гидрогеля [12]. Хлорид натрия обычно используется для солюбилизации миофибриллярных белков и для индукции разворачивания белков. Конечные гели проявляли разные реологические свойства при добавлении различного количества NaCl [10].



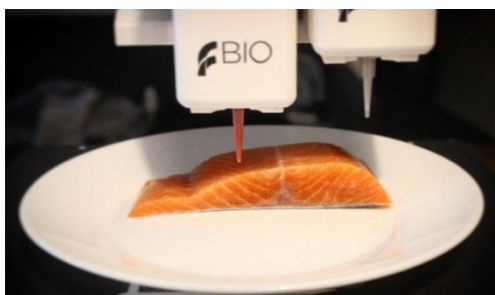
*Рис. 1. Пример продукции из сурими – крабовые палочки (слева) и крабовое мясо (справа)*

В исследовании [9] изучалось влияние добавления хлорида натрия (NaCl) на реологические свойства, прочность, водоудерживающую способность и микроструктуру геля сурими, который использовался в качестве материала для 3D-печати. Полученные результаты реологических исследований показали, что гели сурими, приготовленные в соотношении 1.5 грамм NaCl на 100 грамм сурими, могут быть использованы для 3D-печати. Добавление NaCl помогает суспензии лучше выходить из сопла и сохранять форму, используя улучшенные вязкостные свойства. Кроме того, было изучено влияние параметров печати на геометрическую точность и размер напечатанного геля сурими. В эксперименте авторов, выбранная технология печати была представлена станком 3D-печати с диаметром сопла 2.0 мм, высотой 5.0 мм, скоростью перемещения сопла 28 мм/сек, скоростью экструзии 0.003 см<sup>3</sup>/сек и являлась оптимальной для печати. В результате, образцы продукции получились с достаточно высоким разрешением, с меньшим количеством точечных дефектов и практически полным отсутствием деформации сжатия. Общие результаты свидетельствуют о том, что 3D-печать на основе гелевой системы сурими является перспективным методом создания еды со сложным структурированием и неограниченным дизайном.

### *1.2 Технология 3D-печати веганского лосося*

Множество новостных источников Интернет-СМИ, относящиеся как к аддитивному производству [13], так и к пищевой промышленности [14], сообщают о проекте, целью которого является печать веганского лосося. Команда датских студентов разработала проект под названием «Legendary Vish», цель которого – предложить веганскую альтернативу лосося в Европе. Их технология позволяет воспроизвести внешний вид и текстуру лосося, получить структуру и состав с содержанием белка, конкурентоспособные традиционной рыбной продукции (рисунок 2).

Группа исследователей использовали 3D-принтеры «Felixprinters» и биопринтеры. Основной аспект производства сосредоточен на изготовлении лосося из белков грибов, гороха, крахмала, агара, масла авокадо и орехов. Последние два ингредиента богаты жирными кислотами Омега-3, что позволяет воссоздать питательную ценность рыбы.



*Рис. 2. 3D-печать лосося [13]*

Помимо пищевых характеристик, команда работает с компанией, специализирующейся на ароматизаторах, над вкусом рыбы, напечатанной на 3D-принтере целью максимального приближения к натуральному вкусу рыбы. Команда «Lengendary Vish» сталкивается с проблемами обеспечения товарных объемов производства и с нормативно-правовыми требованиями и актами обеспечения соответствия лосося, напечатанного на 3D-принтере, стандартам питания. Отсюда следует, что проблемы 3D-биопечати в пищевой промышленности такие же, как и в других областях применения аддитивных технологий [15] относительно правового регулирования. Отсюда следует вывод, что проблемы стандартизации и сертификации являются общими для всех видов аддитивных технологий с одним отличием: в пищевом секторе 3D-печать все еще является довольно новой технологией и многие сертификаты еще не созданы.

### *1.3 3D-печать пюре из тунца для людей с дисфагией*

Под дисфагией понимается комплекс патологических симптомов, возникающих при нарушениях функции пищевода и кардии, вызванных различными заболеваниями верхних отделов пищеварительного тракта [16]. Дисфагия поражает большинство людей с инсультом, церебральным параличом, заболеванием двигательных нейронов, болезнью Паркинсона и многими другими заболеваниями. При лечении дисфагии, а также для повышения безопасности и качества еды пищевые продукты обычно модифицируют в соответствии с подходящей для больного структурой (мягкие, протертые, пюре), а жидкости сгущают, чтобы повысить их вязкость. Эти стратегии используются для предотвращения попадания пищи или жидкости в легкие, для увеличения количества съедаемой пищи, а также для сокращения времени или усилий, необходимых для приема пищи. Изменение пищевых продуктов и жидкостей для ежедневных потребностей людей с дисфагией до стандартной консистенции с использованием традиционных подходов является достаточно сложной задачей. Кроме того, у людей, которые длительное время придерживаются модифицированной пищевой диеты, может развиться неприязнь к пюре и загущенным жидкостям из-за отсутствия разнообразия в еде, непривлекательности их внешнего вида и ослабления вкуса из-за добавления жидкости. Это влияет как на здоровье, так и на качество жизни людей, страдающих дисфагией, и увеличивает усилия, требуемые от членов их семей или поставщиков услуг, которые также должны постоянно учитывать эти особенности при приготовлении пищи.

Трехмерная печать продуктов питания снимает проблемы изготовления продуктов для людей с особыми потребностями во время еды вплоть до персонализации питания с учетом конкретных особенностей и пожеланий каждого клиента. В работе [17] представлена технология 3D-печати визуально привлекательных и аппетитных продуктов в виде пюре для людей с дисфагией, которое было изготовлено из 400 грамм тыквы, 400 грамм свеклы и 425 грамм консервированного тунца. 3D-принтером, который использовался для печати тунца, был биоплоттер «EnvisionTEC GmbH» (EnvisionTEC, Гладбекк, Германия), который предназначен для печати с использованием большого количества разнообразных материалов [18], от вязких паст до жидкостей, которые экструдируются из стандартного цилиндра 30 см<sup>3</sup> с поршнем в верхней части и прецизионным наконечником с использованием давления от внешнего источника азота. Давление прикладывается к цилиндру, который перемещается в трех измерениях. Цилиндр, при печати, выдавливает полосу материала на платформу. Размер этой полосы регулируется путем изменения скорости печатающей головки и давления, прикладываемого к материалу в цилиндре.

Все материалы предварительно обрабатываются: тыква и свекла отваривается и измельчается в блендере. Тунец также был извлекается из банки и измельчается в блендере в течении 5-ти минут. После этого, измельченные тыква, свекла и тунец помещаются в отдельные емкости для 3D-печати, каждая из которых закрыта верхней частью поршня. К выходному отверстию каждого ствола прикреплен прецизионный наконечник. Рабочие параметры 3D-биоплоттера определялись согласно методике производителя [18]. Параметры включают размер пластикового наконечника, скорость, давление, температуру, задержку перед потоком и задержку после потока, таблица 1. Эти параметры были определены путем эмпирической настройки перед изготовлением и обеспечивали относительно быстрое изготовление пищевого продукта, в течении 3-х минут.

### Параметры печати биопринтера

№ п/п	Параметр	Тыква	Свекла	Тунец
1	Размер пластикового наконечника	500 мкм	500 мкм	500 мкм
2	Скорость	20 мм/сек	40.2 мм/сек	25 мм/сек
3	Давление	0.3 бар	0.3 бар	0.2 бар
4	Температура	20 °С	20 °С	20 °С
5	Задержка перед потоком	0.04 сек	0.04 сек	0.04 сек
6	Задержка после потока	- 0.09 сек	- 0.09 сек	- 0.09 сек

Напечатанная на 3D-принтере рыба показана на рисунке 3. Вкус напечатанной рыбы совпал со вкусом блюда, состоящего из трех ложек пюре из тыквы, свеклы и тунца, собранных опытным поваром.

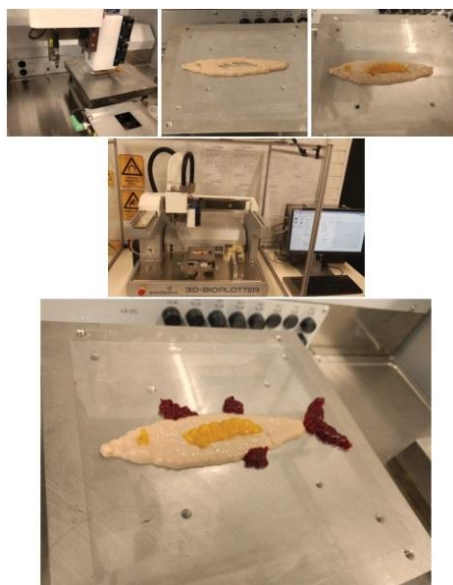


Рис. 3. Напечатанная на 3D-биопринтере продукция [17]

Выявлены следующие особенности рассмотренного способа:

1. При испытании нескольких различных поверхностей для печати для определения какая из них приведет к наиболее успешной печати, было обнаружено, что традиционные поверхности жиронепроницаемой бумаги и алюминиевой фольги имеют слишком низкое поверхностное трение, чтобы обеспечить успешное сцепление первого напечатанного слоя. Наиболее подходящей поверхностью как для печати, так и для приготовления пищи, оказалась прозрачная пленка из ацетата целлюлозы.

2. Вязкость пюре должна быть настроена таким образом, чтобы остаточное давление из печатного цилиндра не выдавливало материал, для осаждения материалов использовалось очень низкое давление (от 0.2 до 0.3 бар).

## 2. Медицина

### 2.1 3D-печать гидрогелевых накладок (пластырей, шин) на основе полусинтезированного метакрилоила рыбьего желатина

В работе [19] исследованы параметры изготовления специальных противораковых индивидуальных накладок с использованием полутвердого 3D-биопринтера экструзионного типа, чернил на основе гидрогеля и УФ-светодиода. Рассмотрены вопросы оптимизации состава чернил для принтера в виде полусинтезированного метакрилоила рыбьего желатина (F-GelMA), полученного из желатина холодной рыбы, в качестве основного компонента (рисунок 4).





*Рис. 4. Пример внешнего вида рыбьего желатина*

В результате разработан гидрогель, содержащий полусинтетический полимер рыбьего желатина (метакрилоил рыбьего желатина, F-GelMA), способный уловить загруженные доксорубицином полиэтиленгликолированные липосомы. Рыбный желатин относительно недорогой, однако имеет несколько ограничений личного или религиозного характера [20]. F-GelMA образуется в результате реакции желатина рыб из холодных водоемов с метакриловым ангидридом и образует фотополимеризованные гидрогели в присутствии фотоинициатора и УФ-излучения. F-GelMA ранее был исследован несколькими группами для использования в тканевой инженерии и биотехнологии [21-24], однако, осталось не исследованным, пригодны ли его характеристики в качестве системы доставки лекарственных средств [25]. F-GelMA редко подвергается биопечати из-за его низкой вязкости и быстрой полимеризации, однако, в работе [19] вязкость F-GelMA и размеры липосомных частиц в гидрогелях F-GelMA были увеличены путем включения фармацевтической добавки в виде карбоксиметилцеллюлозы натрия. Результаты исследования предоставляются полезными для 3D-печати объектов, содержащих липосомы и другие наночастицы для наномедицины.

## *2.2 Извлечение коллагена из отходов кожи морского угря и его применение в качестве «синего» биоматериала для 3D-печати в тканевой инженерии*

В последние годы морскую биотехнологию часто называют «синей» (отсюда биоматериалы, полученные из морских источников, можно назвать «синими» биоматериалами), растет интерес к использованию морских биоресурсов для изготовления новых пищевых продуктов и лекарств [26]. Отходы от рыбообрабатывающих заводов, рыболовных судов, рынков и перерабатывающих компаний составляют до 35% [27]. Эти отходы источают запах рыбы вокруг морского побережья и портят прибрежную воду [28]. Рециклинг, переработка морских отходов в материалы с высокой добавленной стоимостью решает эту проблему, являются эффективной альтернативой их захоронению. Рассмотрим этот процесс на примере угря [29] - обработка и подготовка угря для употребления в пищу требует удаление кожи из-за ее толщины, рисунок.



*Рис. 5. Обработка морского угря – процесс снятия кожи*



Значительное количество снятых шкур угрей выбрасывается как отходы, в то время как, выброшенная кожа морского угря – один из важных источников коллагена, который может использоваться в качестве потенциального материала для биомедицинского применения [30]. Для решения этой проблемы был выделен коллаген из кожи морского угря в качестве потенциального «синего» биоматериала. Выделенный коллаген был включен в альгинатный гидрогель для изготовления каркасов с использованием технологии 3D-печати на основе экструзии. 3D-печать гидрогелей выполнялась с использованием технологии экструзии [31]. Смеси гидрогелей загружали в шприц на 10 мл и медленно экструдировали при давлении 20 кПа. 100 мм раствор CaCl<sub>2</sub> использовали для химического смешивания гидрогелей после 3D-печати. 3D-принтер «BIOBOT» (Allevi, Филадельфия, США) был использован для изготовления конструкций каркасов послойно в кубовидную структуру с размерами 15 мм 15 мм x 3 мм (длина x ширина x высота).

Биоматериалы, полученные из отходов кожи морского угря, были впоследствии извлечены и включены в альгинатный гидрогель для 3D-печати, чтобы проверить биосовместимость и пролиферацию стволовых клеток. Каркасы с морским коллагеном демонстрировали, в итоге, отличные возможности 3D-печати и биосовместимость. Кроме того, 3D-конструкции потенциально улучшали метаболическую активность на основе концентрации коллагена. Использование биоматериалов, полученных из морских отходов, может удовлетворить спрос на недорогие биоматериалы, способствовать более чистому производству и сокращению загрязнения морской среды. Резюмируя, морские виды угрей до последнего времени изучались, в основном, как источники питания, а их использование в разработке биоматериалов все еще находится в зачаточном состоянии. Между тем, они обладают несомненными преимуществами: широкой доступностью, меньшим временем обработки и несложной технологией переработки.

### *2.3 Биомедицинское применение 3D-биопечати композитов из рыбьей чешуи*

В исследовании [32] были приготовлены и исследованы относительно возможностей для 3D-печати, композиты поли(3-гидроксибутират-со-3-гидроксивалерат) (PHBV), содержащие чешую рыбы (FS), которая составляет около 4% от общего веса [33, 34]. FS представляет собой тип кожи, которая защищает рыбу [35], состоящую из дефицитного по кальцию гидроксиапатита, коллагена, лецитина и некоторых других микроэлементов [36]. FS проявляет физиологические функции, такие как антиоксидантная активность, заживление ран, ингибирование пролиферации микроорганизмов и восстановление костей [37-39]. Однако прямое формование FS невозможно [40]. Есть данные о смешивании FS с биополимерами для повышения эффективности и применимости этого возобновляемого ресурса. В работе [41] было использовано электрическое смешивание поливинилового спирта (PVA) и FS для улучшения биосовместимости для разработки эффективной повязки для ран. В работе [42] PVA с FS смешивали, чтобы сформировать композитную мембрану, которая показала улучшенные физико-химические свойства и биомедицинскую применимость. В исследовании [43] были смешаны поли(3-гидроксибутират-со-4-гидроксибутират) с пептидом коллагена FS для создания искусственного стента, который показал усиленный рост и пролиферацию клеток, а также улучшение при заживлении раны.

PHBV, который производится из микроорганизмов, является широко используемым биопластиком [44]. Он обладает биосовместимостью, биоразлагаемостью, удобоукладываемостью, хорошими механическими свойствами и высокой толерантностью к наполнителю [45, 46]. Однако PHBV относительно дорогой, что ограничивает его коммерческое использование. Поэтому, в исследовании [32] были приготовлены композиты PHBV вместе с отходами рыбного промысла, чтобы уменьшить как количество PHBV, требуемого в конечном материале, так и улучшить рециркуляцию ресурсов отходов рыболовства. Также, были изучены возможности использования этих композитов в трехмерной печати.

Композиты PHBV / FS были переработаны в нити, которые можно было использовать в качестве сырья для 3D-принтеров. Была оценена структура, водопоглощение, жизнеспособность клеток, антиоксидантная и антимикробная активность композитов PHBV / FS и PHBV-g-MA / FS (привитый малеиновым ангидридом (MA) полигидроксиалканоат). Функциональная нить для 3D-печати была изготовлена методом экструзии, при печати токсичные вещества не образовывались.

Термопластические материалы, содержащие FS, были предложены в качестве улучшенных материалов для 3D-печати для приложений биомедицинской инженерии, таких как корни зубов, костные винты, костные суставы [47].

В результате, композиты PHBV, содержащие FS, были приготовлены и использованы при изготовлении филаментов для трехмерной печати. PHBV-g-MA и FS использовали для улучшения совместимости FS в матрице PHBV. Механические и морфологические характеристики показали, что улучшенная адгезия между FS и PHBV-g-MA повышает прочность на разрыв композита по сравнению с PHBV / FS. Композиты PHBV-g-MA / FS также были более водостойкими, чем композиты PHBV / FS. Фибробласты крайней плоти человека (FB) были посеяны на двух сериях этих композитов для оценки цитосовместимости. Размножение FB было больше на композитах PHBV / FS, чем на композитах PHBV-g-MA / FS. Анализы клеточного цикла с FB на композитах серий PHBV / FS и PHBV-g-MA / FS не повлияли. Более того, FS усиливает антиоксидантные и анти-микробные свойства композитов PHBV g-MA / FS и PHBV / FS, демонстрируя потенциал композитов PHBV-g-MA / FS и PHBV / FS для применения в биомедицинских материалах.

На рисунке 6 показано, как были приготовлены модифицированные PHBV, FS и их композиционные материалы. Подготовленные образцы FS промывали ацетоном и сушили в вакуумной печи при 80–90 °C в течение 12 часов. Композиты готовили в смесителе «Plastograph 200-Nm Mixer W50ENT» с лопастным ротором (Brabender, Дейтон, Огайо, США) и перемешивали при 130–140 °C в течение 15 минут при скорости вращения ротора 50 об/мин. Образцы были приготовлены с массовыми отношениями FS:PHBV или FS:PHBV-g-MA как 5:95, 10:90, 15:85 и 20:80. Остаточный MA в реакционной смеси PHBV-g-MA удаляли экстракцией ацетоном перед получением PHBV-g-MA / FS. После смешивания композиты прессовали в мембраны с помощью горячего пресса и помещали в сушилку для охлаждения. Позже, тонкие пластины разрезали на образцы стандартных размеров.

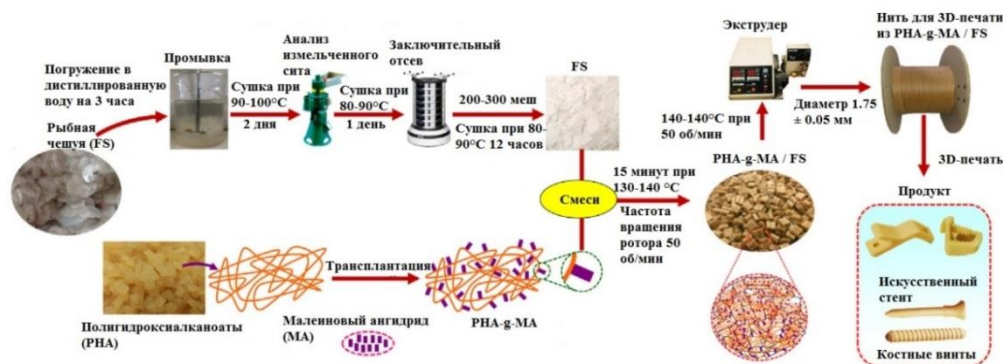


Рис. 6. Изготовление филаментов для трехмерной печати из модифицированного композита поли(3-гидроксibuтират-со-3-гидроксивалерат) и рыбьей чешуи [32]

Нити для 3D-печати получали с использованием экструдера (модель TUS – 194T; Atlas Electric Devices Company, Чикаго, Иллинойс, США) при температуре 130–140 °C и скорости вращения шнека 50 об/мин. Образец (PHBV, PHBV-g-MA или их композиты) помещали в экструдер и нагревали до расплавления, а затем постепенно экструдировали и охлаждали с помощью системы охлаждения. Диаметр нити для 3D-печати контролировался на уровне  $1.75 \pm 0.05$  мм с помощью скорости намотки. Изготовление филаментов для 3D-печати и изделий показано на рисунке 6.

В результате, FS был успешно объединен с PHBV-g-MA с образованием композитов PHBV-g-MA / FS, из которых были изготовлены нити для 3D-печати. Анализ FT-IR (инфракрасная спектроскопия с Фурье-преобразованием) и XRD (рентгеновская дифракция) показал, что реакции конденсации между группами FS и MA происходят во время образования PHBV-g-MA. Морфология композитов PHBV-g-MA / FS была однородной, с хорошей адгезией между матрицей FS и PHBV-g-MA. Механические характеристики показали, что улучшенная адгезия между FS и PHBV-g-MA увеличивает предел прочности на разрыв. Водостойкость PHBV-g-MA / FS выше, чем у PHBV / FS. Более того, увеличение содержания FS в композитах PHBV / FS и PHBV-g-MA / FS

усиливало антиоксидантную и антимикробную активность. Следовательно, композиты PHBV / FS и PHBV-g-MA / FS лучше удаляли свободные радикалы. Анализ клеточной пролиферации и клеточной адгезии показал, что PHBV и PHBV-g-MA и их композиты были биосовместимы в отношении пролиферации FB. Анализ клеточного цикла с помощью FB на образцах композитов серии PHBV продемонстрировал потенциал мембран PHBV / FS и PHBV-g-MA / FS для применения в биомедицинских материалах. Включение FS в матрицу PHBV или PHBV-g-MA не только снизило общую стоимость материалов, но также улучшило механические свойства и биоразлагаемость композита. Кроме того, было показано, что гидроксипатит в FS увеличивает биологическую активность композитов и делает их более подходящими для медицинских применений. Было показано, что преобразование PHB в PHBV или PHBV-g-MA делает материал более жестким, в то время как добавление FS дает более прочные и армированные композиты.

#### *2.4 Изготовление напечатанных на 3D-принтере каркасов из поликапролактона / экстракта костей рыбы для регенерации костной ткани*

Костная ткань постоянно реконструируется на протяжении всей жизни человека, чтобы поддерживать здоровый скелет. Это динамичный процесс, который включает замену поврежденной кости и реагирование на метаболические потребности остеобластами и остеокластами [48]. Хотя кость имеет постоянную способность восстанавливать повреждения, вызванные травмой, сама по себе она не всегда может достичь полной регенерации поврежденной области.

Термопласты, такие как полимолочная кислота (PLA), поли-молочная гликолевая кислота (PLGA) и поликапролактон (PCL), представляют собой полимеры, которые обычно используются в областях инженерии костной ткани и каркасов. Некоторые синтетические полимеры одобрены Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) для определенных применений в организме и известны своей высокой биосовместимостью и биоразлагаемостью [49]. В частности, эти полимеры не вызывают иммунологического ответа и иммуноотражения. Другое преимущество состоит в том, что эти полимеры легко перерабатываются в желаемые формы с хорошими механическими свойствами, которые могут противостоять разрушению ткани, поэтому они используются в качестве каркасов в инженерии костной ткани [50, 51].

Экстракты рыбьей кости (FBE) обладают такими биологическими активностями, как антикоагулянтное, антиоксидантное и антибактериальное действие [52, 53]. В исследовании [54] было показано, что FBE может увеличивать пролиферацию клеток и активность щелочной фосфатазы (ALP) в преостеобластах. После стадий очистки был выделен триолигопептид (FBP-KSA, Lys-Ser-Ala; 304.17 Da), а затем было идентифицировано, что олигопептид проявляет остеогенные эффекты в ответ на минерализацию, стимулируемую маркерами остеогенного фенотипа в предостеобласты. В работе [55] представлены трехмерные взаимосвязанные каркасы PCL / FBE, изготовленные с помощью процесса 3D-печати и нанесения покрытия с учетом остеогенного эффекта FBE.

FBE, содержащий остеогенный олигопептид (FBP-KSA), был получен согласно методике, описанной в [54]. Порошок из костей *J. belengerii* переваривали пепсином (фермент / субстрат: 1/100, концентрация субстрата: 1%) в 5% растворе уксусной кислоты (pH 2.0) в течение 48 часов. После инкубации при 100 °C в течение 5 минут для инактивации фермента раствор фильтровали через беззольную фильтровальную бумагу «Whatman № 41» (GE healthcare, Литл Чалфонт, Англия) и обессоливали диализным аппаратом (CJ-S3, Chang Jo, Сеул, Южная Корея). Последовательная очистка проводилась методом жидкостной хроматографии: стадия 1 – ионообменная колонка (HiPrep 16/10 DEAE, GE Healthcare, Литл Чалфонт, Англия), стадия 2 – октадецилсилиловая колонка (Acclaim 120 C<sub>18</sub>, Thermo Fisher Scientific, Германия). Остеогенный пептид был выделен из FBE (0.1% FBP в FBE). Аминокислотная последовательность очищенного пептида определялась как Lys-Ser-Ala (KSA, 304.17 Da) с использованием масс-спектрометра (Micromass UK Ltd., Алтринчем, Англия).

Была использована управляемая компьютером трехосевая роботизированная система, дополненная дозатором (EZ-ROBO-5GX ST2520, Iwashita Engineering Inc., Япония), чтобы изготовить структуру PCL. Гранулы PCL плавил при 110 °C в нагревательном цилиндре и экструдировали через нагретое сопло 400 мкм при постоянном давлении (500 ± 25 кПа) и скорости (0.2 мм/с).

Следуя этому условию, стойки PCL были построены послойно, чтобы создать трехмерную структуру с одинаковым размером пор. После изготовления многослойной структуры каркасы PCL пропитывали одно- и трехпроцентной долей раствора FBE, растворенного в фосфатном буферном солевом растворе с pH 7.4 (PBS, Gibco) при 37 °C в течение 24 часов. После этого пропитанные каркасы сушили при комнатной температуре в течение 24 часов. Наконец, каркасы PCL / FBE трижды промывали PBS. На рисунке 7 показаны PCL, PCL / FBE1 и PCL / FBE2, которые обозначают первичный каркас PCL, а также каркас PCL, покрытый однопроцентной долей FBE, и каркас PCL, покрытый трехпроцентной долей FBE, соответственно.

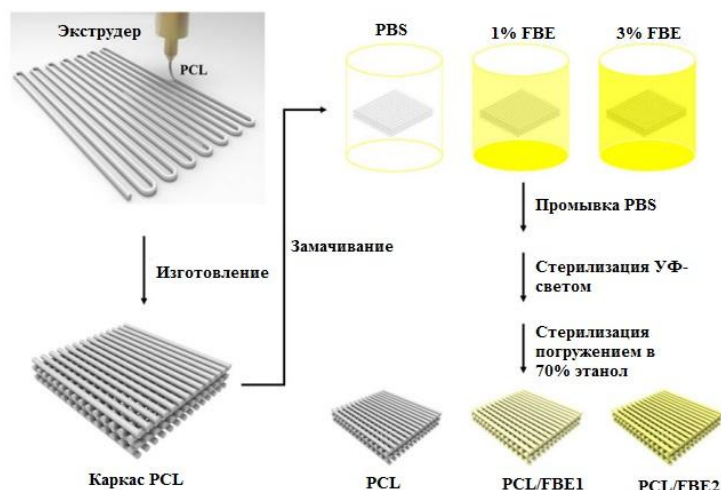


Рис. 7. Схема изготовления PCL / FBE [55]

В результате, в исследовании [55] были изготовлены трехмерные взаимосвязанные каркасы из PCL и FBE для регенерации костной ткани. После изготовления каркасов PCL с использованием 3D-печати, FBE был нанесен на поверхность каркасов PCL методом самосборки. Результаты испытаний физических характеристик и механических свойств показали, что изготовленные каркасы имеют диаметр стоек от 340 до 345 мкм, размер пор от 470 до 480 мкм, пористость от 50% до 55%. Свойства при растяжении были следующими: модуль Юнга: 9.18-9.42 МПа; максимальная прочность на разрыв 82.3-87.4 МПа, что было аналогично свойствам каркасов PCL. В анализе пролиферации клеток и остеогенного анализа результаты показали, что каркасы PCL / FBE могут значительно индуцировать пролиферацию клеток, отложение кальция и экспрессию маркеров остеогенного фенотипа, таких как щелочная фосфатаза, остеопонтин, остеокальцин и морфогенетический белок-2 кости в остеобласты. Эти результаты предполагают, что каркасы PCL, покрытые FBE, являются многообещающими материалами для использования в биомедицинских целях для ускорения регенерации костной ткани.

## Заключение

Трехмерная биопечать становится универсальным инструментом автоматизации производства в таких важных отраслях экономики, как биотехнологии, биоробототехника, медицина, пищевая промышленность, кулинария, с большим потенциалом применения. Проведенный анализ использования аддитивных технологий в рыбной отрасли показывает, во-первых, незначительные объемы производимой продукции по 3D-технологиям и фрагментарный характер продукции. Неиспользованный потенциал рыбной отрасли можно оценить по нескольким критериям. Во-первых, по количеству неиспользуемых отходов производства или используемых для производства дешевой кормовой муки, составляющих в среднем 30-35% от величины улова. Во-вторых, по глубине переработки, оценки по которым, выполненные в работе [56,57] дают удвоение ВВП отрасли при переходе на высокие технологии при условии сохранения объемов вылова. В этом обзоре приведена структуризация и разделение 3D-биопечати в рыбной отрасли на две составляющие: пищевую промышленность и медицину. В медицине 3D-биопечать используется, в основном, в регенеративной медицине и тканевой инженерии, для полноценного внедрения которой требуется решить ряд технологических и нормативно-правовых вопросов.

3D-биопечать рыбных ферментов использовалась для изготовления специальных накладок, шин и повязок, ускоряющих как заживление ран, так и регенерацию костной ткани. Рыбные продукты, в том числе и отходы обладают незаменимыми свойствами в регенеративной медицине: рыбный желатин является относительно недорогим, а метакрилоил рыбьего желатина способен улавливать загруженные доксорубицином полиэтиленгликолированные липосомы; кожа морского угря богата коллагеном; использование рыбной чешуи позволяет улучшить такие функции как антиоксидантная активность, заживление ран, ингибирование пролиферации микроорганизмов и восстановление костей; экстракты рыбной кости обладают такими свойствами как антикоагулянтное, антиоксидантное и антибактериальное воздействия, а также могут увеличивать пролиферацию клеток и активность щелочной фосфатазы в преостеобластах. Использование подобных рыбных ферментов с биоразлагаемыми полимерными материалами способствует улучшению перечисленных свойств продукции рыбной отрасли, предназначенных для использования в регенеративной медицине.

Принципиально новым свойством 3D-биопечати в пищевой промышленности является возможность персонализации пищевых продуктов, в частности, как было показано, на примерах изготовления методами 3D-биопечати рыбной продукции в виде сурими, веганского лосося и пюре из тунца. Последнее является особо важным, т.к. может быть применимо для больных, страдающих расстройствами глотательного аппарата. Из существующих, но решаемых в каждом конкретном случае 3D-биопечати проблем, можно выделить вопросы вязкости (особенно при выходе продукции из сопла), точечных дефектов, деформации сжатия, вкусовых ощущений, используемой рабочей поверхности и сцепления с ней, а также объемов производства и нормативно-технических актов. Следует обратить внимание на то, что морские виды угрей изучаются, в основном, как источники питания, а их использование в разработке биоматериалов все еще находится в зачаточном состоянии. Между тем, они обладают несомненными преимуществами: широкой доступностью, меньшим временем и несложной обработкой.

В заключении следует отметить, что проблемы стандартизации и сертификации являются общими для всех видов аддитивных технологий с одним отличием: в пищевом секторе рыбной отрасли 3D-печать все еще является довольно новой технологией и многие сертификаты еще не созданы.

*Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием Росрыболовства на НИР, тема №18 «Разработка рекомендаций по переходу рыбной отрасли к платформенной экономике».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 P. Phamduy, M.A. Vazquez, C. Kim, V. Mwaffo, A. Rizzo, M. Porfiri. Design and characterization of a miniature free-swimming robotic fish based on multi-material 3D printing. International Journal of Intelligent Robotics and Applications. 2017. Vol.1, №2. Pp. 209-223.
- 2 A.D. Marchese, C.D. Onal, D. Rus. Autonomous soft robotic fish capable of escape maneuvers using fluidic elastomer actuators. Soft Robotics. 2014. Vol.1, №1. Pp. 75-87.
- 3 T. Bartolini, V. Mwaffo, A. Showler, S. Macri, S. Butail, M. Porfiri. Zebrafish response to 3D printed shoals of conspecifics: the effect of body size. Bioinspiration & biomimetics. 2016. Vol.11, №2. 11 P.
- 4 R.K. Katzschmann, A.D. Marchese, D. Rus. Hydraulic autonomous soft robotic fish for 3D swimming. In Experimental Robotics. Springer, Cham. 2016. Pp. 405-420.
- 5 W. Zhu, J. Li, Y.J. Leong, I. Rozen, X. Qu, R. Dong, Z. Wu, W. Gao, P.H. Chung, J. Wang, S. Cheng. 3D-printed artificial microfish. Advanced materials. 2015. Vol.27, №30. Pp. 4411-4417.
- 6 J. Ye, D.A. Wilson, Y. Tu, F. Peng. 3D-Printed Micromotors for Biomedical Applications. Advanced Materials Technologies. 2020. Vol.2000435. 16 P.
- 7 Y. Zhang, D. Zhou, J. Chen, X. Zhang, X. Li, W. Zhao, T. Xu. Biomaterials Based on Marine Resources for 3D Bioprinting Applications. Marine drugs. 2019. Vol.17, №10. 37 P.
- 8 F. Pallottino, L. Hakola, C. Costa, F. Antonucci, S. Figorilli, A. Seisto, P. Menesatti. Printing on food or food printing: a review. Food and Bioprocess Technology. 2016. Vol.9, №5. Pp. 725-733.
- 9 L. Wang, M. Zhang, B. Bhandari, C. Yang. Investigation on fish surimi gel as promising food material for 3D printing. Journal of Food Engineering. 2018. Vol.220. Pp. 101-108.
- 10 D. Cando, B. Herranz, A.J. Borderías., H.M. Moreno. Effect of high pressure on reduced sodium chloride surimi gels. Food Hydrocolloids. 2015. Vol.51. Pp. 176-187.

- 11 S.K. Jin, Y.J. Choi, J.Y. Jeong, G.D. Kim. Effect of NaCl on physical characteristics and qualities of chicken breast surimi prepared by acid and alkaline processing. *LWT-Food Science and Technology*. 2011. Vol. 44, №10. Pp. 2154-2158.
- 12 R. Tahergorabi, J. Jaczynski. Physicochemical changes in surimi with salt substitute. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 132, №3. Pp. 1281-1286.
- 13 Legendary Vish develops 3D printed fish from plants // 3D Natives URL: <https://www.3dnatives.com/en/legendary-vish-3d-printed-fish-080720205/#!> (дата обращения: 4.08.2020 г.).
- 14 3D printed fish: Plant-based salmon with «complex structure» under development for EU market // Food Navigator URL: <https://www.foodnavigator.com/Article/2020/07/06/3D-printed-fish-Plant-based-salmon-with-complex-structure-under-development-for-EU-market> (дата обращения: 4.08.2020 г.).
- 15 Дектярев А.В., Морозов В.Н., Яфасов А.Я. Аддитивные технологии в судостроении: тенденции и правовое регулирование // *Морские интеллектуальные технологии*. 2019. № 4(46). Т.4. с. 38-49.10.
- 16 Булынин В.В. Нестандартные варианты подхода к профилактике и лечению синдрома дисфагии // *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2008. №4. с. 105-207.
- 17 A.Z. Kouzani, S. Adams, D.J. Whyte, R. Oliver, R. Hemsley, S. Palmer, S. Balandin. 3D printing of food for people with swallowing difficulties. In *DesTech 2016: Proceedings of the International Conference on Design and Technology*. 2017. Pp. 23-29.
- 18 EnvisionTEC 3D-Biplotter Family URL: <http://envisiontec.com/3d-printers/3d-Biplotter> (дата обращения: 4.08.2020 г.).
- 19 J. Liu, T. Tagami, T. Ozeki. Fabrication of 3D-Printed Fish-Gelatin-Based Polymer Hydrogel Patches for Local Delivery of PEGylated Liposomal Doxorubicin. *Marine Drugs*. 2020. Vol.18, №6. 11 P.
- 20 A.A. Karim, R. Bhat. Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food hydrocolloids*. 2009. Vol.23, №3. Pp. 563–576.
- 21 H.J. Yoon, S.R. Shin, J.M. Cha, S.H. Lee, J.H. Kim, J.T. Do, H. Song, H. Bae. Cold water fish gelatin methacryloyl hydrogel for tissue engineering application. *PLoS ONE*. 2016. Vol.11, №10. 18 P.
- 22 A. Zauza, N. Byres, C. Dal Zovo, C.A. Acevedo, L. Angelopoulos, C. Terraza, N. Nestle, P.N. Abarzúa-Illanes, F. Quero, P. Díaz-Calderón. Cold-adaptation of a methacrylamide gelatin towards the expansion of the biomaterial toolbox for specialized functionalities in tissue engineering. *Materials Science and Engineering*. 2019. Vol.102. Pp. 373–390.
- 23 X. Zhang, G.J. Kim, M.G. Kang, J.K. Lee, J.W. Seo, J.T. Do, K. Hong, J.M. Cha, S.R. Shin, H. Bae. Marine biomaterial-based bioinks for generating 3D printed tissue constructs. *Marine drugs*. 2018. Vol.16, №12. 13 P.
- 24 Z. Wang, Z. Tian, F. Menard, K. Kim. Comparative study of gelatin methacrylate hydrogels from different sources for biofabrication applications. *Biofabrication*. 2017. Vol.9, №4. 31 P.
- 25 M.G. Kang, M.Y. Lee, J.M. Cha, J.K. Lee, S.C. Lee, J. Kim, Y.S. Hwang, H. Bae. Nanogels derived from fish gelatin: Application to drug delivery system. *Marine drugs*. 2019. Vol.17, №4. 11 P.
- 26 J. Day, A. Hughes, L. Greenhill, M.S. Stanley. *Blue Biotechnology. Commonwealth Blue Economy Report Series. No.5. Commonwealth Secretariat, London*. 2016. 46 P.
- 27 M. Sharp, C. Mariojous. Waste Not, Want Not: Better Utilisation of Fish Waste in the Pacific. *SPC Fisheries Newsletter*. 2012. Vol.138. Pp. 44-48.
- 28 A.E. Ghaly, V.V. Ramakrishnan, M.S. Brooks, S.M. Budge, D. Dave. Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: a critical review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*. 2013. Vol. 5, №4. Pp. 107-129.
- 29 M. Govindharaj, U.K. Roopavath, S.N. Rath. Valorization of discarded Marine Eel fish skin for collagen extraction as a 3D printable blue biomaterial for tissue engineering. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol.230. Pp. 412-419.
- 30 S. Mahboob. Isolation and characterization of collagen from fish waste material-skin, scales and fins of *Catla catla* and *Cirrhinus mrigala*. *Journal of food science and technology*. 2014. Vol.52, №7. Pp. 4296-4305.
- 31 U.K. Roopavath, S. Malferrari, A. Van Haver, F. Verstreken, S.N. Rath, D.M. Kalaskar. Optimization of extrusion based ceramic 3D printing process for complex bony designs. *Materials & Design*. 2019. Vol.162. Pp. 263-270.



- 32 S.S. Wu. Comparative assessment of the interface between poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) and fish scales in composites: Preparation, characterization, and applications. *Materials Science and Engineering: C*. 2019. Vol.104. 13 P.
- 33 N. Muhammad, Y. Gao, F. Iqbal, P. Ahmad, R. Ge, U. Nishan, A. Rahim, G. Gonfa, Z. Ullah. Extraction of biocompatible hydroxyapatite from fish scales using novel approach of ionic liquid pretreatment. *Separation and Purification Technology*. 2016. Vol.161. Pp. 129-135.
- 34 F. Marrakchi, M.J. Ahmed, W.A. Khanday, M. Asif, B.H. Hameed. Mesoporous carbonaceous material from fish scales as low-cost adsorbent for reactive orange 16 adsorption. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2017. Vol.71, Pp. 47–54.
- 35 S. Gil-Durana, D. Arola, E.A. Ossa. Effect of chemical composition and micro-structure on the mechanical behavior of fish scales from *Megalops Atlanticus*. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2016. Vol.56, Pp. 134-145.
- 36 M. Holá, J. Kalvoda, H. Nováková, R. Skoda, V. Kanicky. Possibilities of LA-ICP-MS technique for the spatial elemental analysis of the recent fish scales: line scan vs. depth profiling. *Applied Surface Science*. 2011. Vol.257. Pp. 1932-1940.
- 37 T. Muthukumar, P. Prabu, K. Ghosh, T.P. Sastry. Fish scale collagen sponge in-corporated with *Macrotyloma uniflorum* plant extract as a possible wound/burn dressing material. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2014. Vol.113. Pp. 207–212.
- 38 P. Jana, T. Mitra, T.K.R. Selvaraj, A. Gnanamani, P.P. Kundu. Preparation of guar gum scaffold film grafted with ethylenediamine and fish scale collagen, cross-linked with ceftazidime for wound healing application. *Carbohydrate polymers*. 2016. Vol.153. Pp. 573–581.
- 39 J. Padrão, R. Machado, M. Casal, S. Lanceros-Méndez, L.R. Rodrigues, F. Dourado, V. Sencadas. Antibacterial performance of bovine lactoferrin-fish gelatin electro-spun membranes. *International journal of biological macromolecules*. 2015. Vol.81. Pp. 608–614.
- 40 A.K. Dastjerdi, F. Barthelatn. Teleost fish scales amongst the toughest collagenous materials. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2015. Vol.52. Pp. 95–107.
- 41 Y. Wang, C.L. Zhang, Q. Zhang, P. Li. Composite electrospun nanomembranes of fish scale collagen peptides/chito-oligosaccharides: antibacterial properties and potential for wound dressing. *International journal of nanomedicine*. 2011. Vol.6. Pp. 667–676.
- 42 D.P. Perkasa, E. Erizal, B. Abbas. Polymeric biomaterials film based on poly(vinyl alcohol) and fish scale collagen by repetitive freeze-thaw cycles followed by gamma irradiation. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2013. Vol.13. Pp. 221–228.
- 43 S. Vigneswari, V. Murugaiyah, G. Kaur, H.P.S. Abdul Khalil, A.A. Amirul. Biomacromolecule immobilization: grafting of fish-scale collagen peptides onto aminolyzed P(3HB-co-4HB) scaffolds as a potential wound dressing. *Biomedical Materials*. 2016. Vol.11, №5. 14 P.
- 44 K. Dietrich, M.J. Dumont, L.F.D. Rio, V. Orsat. Producing PHAs in the bioeconomy - towards a sustainable bioplastic. *Sustainable production and consumption*. 2017. Vol.9. Pp. 58-70.
- 45 A. Anjum, M. Zuber, K.M. Zia, A. Noreen, M.N. Anjum, S. Tabasum. Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: a review of recent advancements. *International journal of biological macromolecules*. 2016. Vol.89. Pp. 161-174.
- 46 G.Q. Chen, X.R. Jiang, Y. Guo. Synthetic biology of microbes synthesizing poly-hydroxyalkanoates (PHA). *Synthetic and Systems Biotechnology*. 2016. Vol.1(4). Pp. 236-242.
- 47 R. Martini, Y. Balit, F.A. Barthelat. Comparative study of bio-inspired protective scales using 3D printing and mechanical testing. *Acta biomaterialia*. 2017. Vol.55. Pp. 360–372.
- 48 X. Feng, J. M. McDonald. Disorders of bone remodeling. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*. 2011. Vol.6. Pp. 121-145.
- 49 E.S. Place, J.H. George, C.K. Williams, M.M. Stevens. Synthetic polymer scaffolds for tissue engineering. *Chemical society reviews*. 2009. Vol.38, №4. Pp. 1139-1151.
- 50 X. Liu, P.X. Ma. Polymeric scaffolds for bone tissue engineering. *Annals of biomedical engineering*. 2004. Vol.32, №3. Pp. 477-486.
- 51 T. Sato, G. Chen, T. Ushida, T. Ishii, N. Ochiai, T. Tateishi, J. Tanaka. Evaluation of PLLA–collagen hybrid sponge as a scaffold for cartilage tissue engineering. *Materials Science and Engineering: C*. 2004. Vol.24, №3. Pp. 365-372.

52 J.Y. Je, S.Y. Kim, S.K. Kim. Preparation and antioxidative activity of hoki frame protein hydrolysate using ultrafiltration membranes. European Food Research and Technology. 2005. Vol.221, №1-2. Pp. 157-162.

53 N. Ennaas, R. Hammami, L. Beaulieu, I. Fliss. Purification and characterization of four antibacterial peptides from protamex hydrolysate of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) by-products. Biochemical and biophysical research communications. 2015. Vol.462, №3. Pp. 195-200.

54 S.Y. Heo, S.C. Ko, S.Y. Nam, J. Oh, Y.M. Kim, J.I. Kim, J.I. Kim, N. Kim, M. Yi, W.K. Jung. Fish bone peptide promotes osteogenic differentiation of MC3T3-E1 pre-osteoblasts through upregulation of MAPKs and Smad pathways activated BMP-2 receptor. Cell biochemistry and function. 2018. Vol.36, №3. Pp. 137-146.

55 S.Y. Heo, S.C. Ko, G.W. Oh, N. Kim, I.W. Choi, W.S. Park, W.K. Jung. Fabrication and characterization of the 3D-printed polycaprolactone/fish bone extract scaffolds for bone tissue regeneration. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials. 2019. Vol.107, №6. Pp. 1937-1944.

56. Кострикова Н.А., Майтаков Ф.Г., Яфасов А.Я. Современные тренды цифровизации экономики и перспективы их использования в морской индустрии на примере рыбохозяйственного комплекса России. Морские интеллектуальные технологии. № 4 (46) Т.4 2019. С. 126-139.

57. Майтаков Ф.Г., Яфасов А.Я. Концепция цифровой платформы региональной системы персонального питания // Морские интеллектуальные технологии. – № 1 (47). – Т. 1 – 2020 – С. 176-185.

## **USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE FISHING INDUSTRY**

Kostrikova Natalya Anatolievna, candidate of physical and mathematical sciences,  
associate professor, vice-rector for scientific work  
Dektyarev Alexander Vladimirovich, a graduate student in the direction  
of «Technology of shipbuilding, ship repair and organization of shipbuilding production»  
Yafasov Abdurashid Yarullaevich, Doctor of Technical Sciences, Head of Department

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,  
e-mail: natalia.kostrikova@klgtu.ru; a.dektyarev@shipyard-yantar.ru; yafasov@list.ru

*The purpose of the work is to assess the possibilities of using additive technologies for bioprinting in the fish industry. The novelty of the work lies in the fact that this is the first review and such a structuring and division of 3D bioprinting in the fish industry into two components: food industry and medicine. Conclusions - 3D bioprinting in the fish industry is fragmented and is mainly aimed at the manufacture of experimental food products, regenerative medicine and tissue engineering; full implementation requires solving a number of technological and regulatory issues.*

УДК 664.665

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА, ПУТЕМ ОБОГАЩЕНИЯ ОБЛЕПИХОВЫМ ШРОТОМ**

Лютова Екатерина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Саватеева Полина Дмитриевна, студентка 4 курса, кафедра пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: ekaterina.lyutova@klgtu.ru; ladyragnaryok@gmail.com

*Облепиховый шрот является побочным продуктом переработки облепиховых плодов при производстве соковой продукции. Было установлено, что данный вид шрота является хорошим источником пищевых волокон, сахаров, витаминов (С, Р, РР, В1, В2), макро- и микроэлементов*



(натрий, марганец, фосфор, цинк, железо), аминокислот (содержит 18 аминокислот, 1/3 которых приходится на незаменимые), пектина, природных антиоксидантов – биофлавоноидов. Богатый химический состав сырья свидетельствует о целесообразности его применения при производстве продуктов питания повышенной биологической ценности, проявляющих антиоксидантное, противовоспалительное, сосудукрепляющее действие, а также благотворно влияющем на систему кроветворения и пищеварительную систему организма человека. Но, к сожалению, в настоящее время облепиховый шрот совершенно не применяется в качестве обогащающей добавки в продукты питания массового потребления.

## Введение

Хлебобулочные изделия являются продуктами массового и ежедневного потребления. На сегодняшний день рынок представлен широким ассортиментом хлебобулочных изделий, как из пшеничной, так и из ржаной муки. Пшеничная мука является менее полезной в отличие от ржаной, за счет того, что основное количество питательных нутриентов теряется в ходе интенсивной обработки. В связи с тем, что среди населения падает актуальность потребления хлеба из пшеничной муки, целесообразным будет разработка хлеба именно на основе пшеничной муки, обогащенного компонентами облепихового шрота. Цель научной работы заключается в обосновании технологии производства пшеничного хлеба повышенной биологической ценности, позволяющей получить обогащенный продукт путем внесения биологически активных компонентов облепихового шрота.

В качестве материалов исследования использовано следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, сахар-песок, соль поваренная пищевая, шрот облепиховый обезжиренный, масло подсолнечное.

На основании полученных ранее значений [1] была предложена рецептура хлеба, которая представлена в таблице 1. Разработанному пшеничному хлебу было дано торговое название «Оранжевый» за счет оттенка мякиша готового изделия.

Таблица 1

### Рецептура пшеничного хлеба «Оранжевый»

Сырьевой компонент	Содержание на 100 кг муки, кг
Мука пшеничная хлебопекарная высший сорт	100
Вода	61,48
Масло подсолнечное, в т.ч на смазку форм	4,79
Дрожжи	2,3
Сахар	10,14
Соль	3,41
Облепиховый шрот	17,62
ИТОГО:	200,00

### Органолептическая оценка пшеничного хлеба

Качество готового продукта оценивали по комплексу показателей, определяющих его пищевую ценность, наиболее весомыми среди которых являются органолептические показатели, а также индивидуальная биологическая ценность продукта.

По результатам органолептической оценки, можно заключить, что хлеб «Оранжевый» имеет отличное качество:

- Поверхность хлеба гладкая, достаточно глянцевая. Имеются слегка расплывчатые оранжевые вкрапления облепихового шрота;
- Пропеченный хлеб, не влажный на ощупь, без следов непромеса. Поры мякиша равномерные, одинакового размера без крупных ячеек;
- Матовый светло-коричневый цвет, с бледным оранжевым оттенком достаточно равномерно окрашенный. Имеются отдельные четко выраженные оранжевые вкрапления облепихового шрота;
- Приятный запах, свойственный изделию, выраженный облепиховый. Имеется легкий ананасовый оттенок;

- Приятный вкус, свойственный изделию, ярко выраженный кисло-сладкий облепиховый, без постороннего привкуса.

По данным органолептической оценки была построена профильная диаграмма качества готового продукта (рис. 1).



Рис. 1. Профильная диаграмма органолептической оценки пшеничного хлеба «Оранже»

Из рисунка 1 можно увидеть отклонения по внешнему виду и цвету, которые, вероятно, связаны с тем, что облепиховый шрот имеет повышенную способность к связыванию свободной влаги, что обеспечило его небольшую гляцевость поверхности. Бледно-оранжевый оттенок обусловлен исходным качеством сырья, вероятно, оно было пересушено, в ходе чего утратилась часть пигментов.

### Исследования физико-химических показателей готовой продукции

Такие основные физико-химические показатели готового хлеба, как пористость, кислотность и влажность мякиша были проверены в контрольном образце пшеничного хлеба, без добавок и в образце хлеба, обогащенного облепиховым шротом. Физико-химические показатели сравнивали со значениями, приведенными в ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия».

Физико-химические показатели пшеничного хлеба представлены в таблице 2.

Таблица 2

#### Физико-химические показатели хлеба

Наименование показателя качества	Требования ГОСТ Р 58233-2018	Пшеничный хлеб (контрольный образец)	Пшеничный хлеб «Оранже»
Пористость, %	Не более 72,0	77,0	69,3
Кислотность мякиша, град	Не более 3,0	1,8	2,4
Влажность мякиша, %	Не более 45,0	39,0	34,7

Сравнивая обогащенный хлеб и контрольный образец можно заметить, что пористость уменьшилась на 7,7% за счет того, что пшеничное тесто с добавлением облепихового шрота является более плотным по сравнению с обычным пшеничным тестом, пузырьки углекислоты выходят более активно при обминке. Влажность мякиша уменьшилась на 4,3% так как высушенный облепиховый шрот является дополнительным источником сухих веществ, а также очень хорошо связывает воду при замесе теста. Кислотность увеличилась на 0,6%. Повышение кислотности объясняется высоким содержанием в облепиховом шроте органических кислот (винной, яблочной и янтарной).

В таблице 3 представлено содержание нутриентов в хлебе повышенной биологической ценности «Оранжевый» и контрольном образце (на 100 г продукции).

Таблица 3

**Общий химический состав пшеничного хлеба**

Образец	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Пищевые волокна, г	Мин. в-ва, г
Хлеб «Оранжевый»	8,50	3,93	54,28	6,79	7,29
Пшеничный хлеб (контрольный образец)	7,42	3,28	49,25	0,56	3,52

Энергетическая ценность 100 г продукта (опыт) =  $(8,5 \cdot 4,0 + 3,93 \cdot 9 + 54,28 \cdot 3,75) = (34 + 35,37 + 203,55) = 272,92$  ккал/100г.

Энергетическая ценность 100 г продукта (контроль) =  $(7,42 \cdot 4,0 + 3,28 \cdot 9 + 49,25 \cdot 3,75) = (29,68 + 29,52 + 184,69) = 243,89$  ккал/100г.

Исходя из расчетов таблицы 1.9 видно, что при добавлении облепихового шрота калорийность продукта повысилась на 29,03 ккал/100г. Повышение энергетической ценности продукта свидетельствует о потреблении достаточного количества калорий при меньшем потреблении продукта. Увеличение энергетической ценности связано с более высоким уровнем легкоусвояемых углеводов в обогащенном продукте. Содержание пищевых волокон повысилось более чем в 12 раз, на 14,6% возросло содержание белков, содержание углеводов возросло на 10,2%, а содержание минеральных веществ увеличилось более чем в 2 раза. Данные изменения можно объяснить особенностями химического состава облепихового шрота.

Целевое назначение выпускаемого продукта определяется удовлетворением суточной потребности в отдельных веществах. Было рассчитано удовлетворение суточной потребности в клетчатке и флавоноидах при употреблении 200 г контрольного образца пшеничного хлеба и хлеба «Оранжевый» (таблица 4). Суточные потребности определялись в соответствии с МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения» [2].

Таблица 4

**Удовлетворение суточной потребности в клетчатке и флавоноидах при употреблении 200 г хлеба**

Наименование показателя	Пшеничный хлеб (контр. образец)	Пшеничный хлеб «Оранжевый»
Количество клетчатки, г/100 г продукта	0,56	6,79
Суточная потребность в клетчатке, г/сут*	25	
Удовлетворение суточной потребности в клетчатке, %	0,45	24,25
Количество флавоноидов, мг/100 г продукта	5	52,87
Суточная потребность во флавоноидах, мг/сут*	250 (в т.ч. катехинов)	
Удовлетворение суточной потребности во флавоноидах, %	4	42,29

\* - Согласно МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения».

По итогам расчетов получен функциональный продукт по содержанию клетчатке и содержанию флавоноидов [3].

Исследование потребительских свойств обогащенного продукта в зависимости от используемого обогащающего компонента показало, что высушенный облепиховый шрот является более выгодным компонентом с точки зрения органолептической оценки обогащенного продукта. Правильность выбранного компонента заключается также в том, что обезжиренный облепиховый шрот является вторичным продуктом производства облепихового масла и других продуктов на его основе, а значит, уменьшит уровень утилизации производственных отходов масличного производства и обеспечит невысокую стоимость для конечного продукта [4,5,6]. Перспектива использования облепихового шрота заключается в его уникальном химическом составе, что делает его еще более выгодным компонентом в рецептуре обогащенного пшеничного хлеба.

В результате проведенных маркетинговых исследований, в которых приняло участие 120 человек, было выявлено, что около 96,7% общего количества респондентов употребляют различные виды хлебной продукции, из которых 43,3% употребляют его каждый день. Большая часть опрошенных респондентов положительно относятся к обогащению хлеба, конкретно к обогащению пшеничного хлеба биологически активными компонентами облепихового шрота.

Данное обогащение хлеба является перспективным и целесообразно разработать технологию производства хлеба повышенной биологической ценности путем внесения облепихового шрота как дополнительного источника пищевых волокон, флавоноидов, минеральных веществ и витаминов.

Пшеничный хлеб повышенной биологической ценности отличается повышенным содержанием пищевых волокон, минеральных веществ, углеводов и имеет большую энергетическую ценность, чем в простом пшеничном хлебе.

При ежедневном потреблении 200 г пшеничного хлеба с добавлением облепихового шрота в количестве 17, 62% к общей массе муки наблюдается удовлетворенность суточной потребности в пищевых волокнах на 24,25%, а также флавоноидах на 42,29%, что позволяет отнести хлеб «Оранжевый» к функциональным продуктам питания, который возможно рекомендовать людям, страдающим следующими заболеваниями:

- хронические заболевания ЖКТ: острый гастрит, гастродуоденит, колиты, запоры, колики, вздутия
- заболевания, связанные с нарушением обмена веществ: сахарный диабет, атеросклероз сосудов;
- заболевания сердечнососудистой системы: анемия, ишемические болезни сердца, вегетососудистая дистония, гипертония, приобретенные и врожденные пороки сердца;
- для профилактики раковых заболеваний;
- для пациентов проходящих лучевую терапию;
- для предотвращения набора веса.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Саватеева П.Д., Лютова Е.В. Математическое моделирование рецептуры пшеничного хлеба повышенной биологической ценности обогащенного облепиховым шротом // Вестник молодежной науки. 2020. № 3 (25).
2. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». – М., 2008.
3. Функциональные продукты питания: учеб. пособие / под ред. В.И. Теплова. – М.: А-Приор, 2008. – 240 с.
4. Аверьянова Е.В. Биологическая ценность облепихи как основа ее комплексной переработки // Современная наука и инновации. 2018. № 3. – С. 129-139.
5. Аверьянова Е.В., Школьникова М.Н., Рожнов Е.Д. Перспективы и направления использования ягодных шротов // Food industry. 2019. № 2. – С. 20-26.
6. Безотходная переработка плодов облепихи: Рекомендации. – Новосибирск, 1991. – 40 с.

## **RESEARCH OF FUNCTIONAL WHEAT BREAD SUPPLIED WITH SEA BUCKTHORN MEAL COMPONENTS**

Lyutova Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology  
Savateeva Polina Dmitrievna, 4st year student of the Department of Food Biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: ekaterina.lyutova@klgtu.ru; ladyragnaryok@gmail.com

*Sea buckthorn meal is a secondary source of processing sea buckthorn fruits in the production of juice products. It was found that this type of meal is a good source of sugars, dietary fiber, vitamins (C, P, PP, B1, B2), micro- and macroelements (sodium, phosphorus, manganese, iron, zinc), amino acids (contains 18 amino acids, 1/3 of which are irreplaceable), pectin, natural antioxidants - bioflavonoids. The rich chemical composition of raw materials testifies to the expediency of its use in the production of food products of increased biological value, exhibiting antioxidant, anti-inflammatory, vaso-strengthening effects, and also beneficially affecting the hematopoietic system and the digestive system of the human body. But, unfortunately, at present, sea buckthorn meal is not used at all as an enrichment additive in food for mass consumption.*

УДК 597.556.331.1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА БЕЛКОВ РЕЧНОГО ОКУНЯ (PERCA FLUVIATILIS)**

Макеева Алёна Владимировна, магистрантка  
Ключко Наталия Юрьевна, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: alena\_struchkova@mail.ru; natalya.kluchko@klgtu.ru

*Представлены результаты исследования химического состава мышечной ткани речного окуня *Perca Fluviatilis*, выловленного в Куршском заливе Калининградской области, которая является достойным источником полноценного белка, жира и минеральных веществ. Методом капиллярного электрофореза был определен аминокислотный состав белков. Расчётным методом определены сбалансированность аминокислотного состава для каждой аминокислоты, КРАС (39,04 %), БЦ (60,96 %), коэффициент утилитарности (0,75 доли ед.). Наиболее высоким является суммарное содержание глутаминовой кислоты и глутамина (суммарно) – 16,39 г на 100 г белка, лимитирующей аминокислотой является гистидин.*

Российская Федерация располагает значительными запасами пресных вод: большие и малые озёра, реки, водохранилища, которые создают условия для обитания более 1000 видов рыб, 250 из которых являются промысловыми [1]. К сожалению, большинство пресноводного сырья недоиспользуется ввиду значительных объёмов вылова и узкой направленности использования. Так, сельдь традиционно используют в производстве солёной продукции, плотву - вяленой, леща - копчёной, большое количество реализуется в провесном состоянии. Ассортимент рыбной продукции из водных биологических ресурсов пресных вод в настоящее время является ограниченным, ввиду лимитированных исследований химического состава и биологического потенциала рыб внутренних водоемов.

На территории Калининградской области пресные водоёмы занимают протяжённость более 4222 км, к основным источникам промысла относятся Куршский и Калининградский заливы [2]. Принято считать, что рыбы внутренних водоёмов служат более дешёвым и доступным сырьём для широкого использования при производстве различного рода продукции, а по химическому составу большинство видов не уступает морским ресурсам.

Одним из самых многочисленных обитателей пресных вод как России, так и Калининградской области является речной окунь (*Perca Fluviatilis*), который способен существовать даже в непроточных прудах с достаточно свежей водой [2].

Речной окунь относится к отряду окунеобразных (*Perciformes*), в котором порядка 150 семейств и свыше 6 тысяч видов, большинство из которых имеют промысловое значение. Наиболее широко известным является обыкновенный окунь – *Perca fluviatilis*. Он обитает практически по

всей России, встречается в водоемах Европы, в том числе в бассейнах Балтийского, Черного, Каспийского и Азовского морей. Многочисленными группами водится в Калининградской области в водоемах различного типа, наибольший объём вылова приходится на Калининградский и Куршский заливы - порядка наиболее 150 тонн в год соответственно [2,3].

Средняя масса окуня составляет 800-1200 грамм, и редко превышает 1500 грамм, длина зависит от местообитания и в среднем составляет 50 см. Размерно-массовый состав значительно изменяется в зависимости от района и сезона вылова [4]. По химическому составу мяса окуня Куршского залива Балтийского моря весеннего вылова содержит: влага – 76-82 %, жир – 0,7-2,6 %, белок – 15-19 %, зола – 1,0-1,8 % [5,6]. Цвет мышечной ткани – белый, запах отварного мяса окуня приятный, консистенция - плотная, мышечные кости отсутствуют, выход филе составляет – 36-51%. В сезон нереста мышечная ткань окуня может быть отнесена к диетическому мясу (содержание жира не более 1%), в период нагула летом и осенью окунь начинает активно питаться, подготавливаясь к зиме и содержание жира в такие периоды может достигать 2,6% [5].

Несмотря на большие объемы вылова окунь исследован относительно слабо, несмотря на то, что относится к массовым видам водных биологических ресурсов Калининградской области [2]. Исследование химического состава и биологической ценности, в частности аминокислотной сбалансированности, позволит более детально изучить данный вид пресноводного ресурса с целью дальнейшего применения в качестве основного сырья при производстве различного вида рыбной продукции.

Анализ аминокислотной сбалансированности позволит определить какие аминокислоты в мясе речного окуня содержатся в наибольшем количестве, а какие - в лимитирующем, а расчёт основных показателей (КРАС, БЦ, коэффициент утилитарности) позволит наиболее полно отразить сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону. К общим методам оценки аминокислотного состава относится методика сравнения сбалансированности исследуемых аминокислот с эталонным белком [7].

Целью настоящего исследования является анализ химического состава и аминокислотной сбалансированности речного окуня (*Perca fluviatilis*) Калининградской области и оценка перспективности его использования в качестве сырья при производстве рыбных продуктов.

Объект исследования – мышечная ткань речного окуня (*Perca fluviatilis*) Куршского залива Калининградской области.

Содержание белка, жира, воды и золы исследовали стандартными методами по ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа».

Энергетическая ценность определялась расчетным методом.

Изучение аминокислотного состава белков мышечной ткани окуня речного осуществляли методом капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105», принцип действия которого основан на разделении компонентов сложной смеси под действием электрического поля. Разложение пробы осуществляется с помощью кислотного либо щелочного гидролиза, при котором аминокислоты переходят в свободные формы с получением фенилизотиокарбамильных производных.

Оценка биологической ценности белков мышечной ткани окуня осуществлялась с помощью расчёта показателей их аминокислотной сбалансированности [7] и включала в себя: аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотного скор (КРАС, %), показатель биологической ценности (БЦ, %), коэффициент утилитарности  $i$ -й незаменимой аминокислоты ( $a_i$  доли единиц) и коэффициент утилитарности аминокислотного состава ( $U$ , доли единиц). Последний характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону.

В таблице 1 представлены экспериментальные данные по химическому составу мяса речного окуня (*Perca fluviatilis*).

Таблица 1

### Общий химический состав мяса речного окуня вида *Perca fluviatilis*

Вид рыбы	Массовая доля, %				Энергетическая ценность, кДж/100 г
	Влага	Белок	Жир	Зола	
Речной окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> )	78,65	17,31	2,59	1,45	390,1

Из данных таблицы 1 видно, что речной окунь (*Perca fluviatilis*) отличается высоким содержанием белка, которое может быть приравнено к наиболее широко используемым морским промысловым видам – хек, минтай, путассу. По классификации содержания белка в мясе данный вид рыбы относится к группе белковых (15-20%), а по содержанию жира - к среднежирным (2-8%). Данные результаты позволяют судить о высокой биологической ценности и рациональном использовании сырья в производстве широкого ассортимента рыбной продукции.

Стоит отметить, что количество жира в рыбе носит непостоянный характер и зависит от ряда факторов. Речной окунь, исследуемый в данной работе был выловлен осенью в период нагула, что сказывается на повышенном содержании жира (2,59 %) и относит его к среднежирным видам рыб. По известным справочным данным речного окуня относят к тощим видам рыбам, в котором содержание жира не превышает 2% [5,6].

Содержание минеральных веществ в количестве 1,45% также подтверждает значительную биологическую ценность сырья. Углеводы обнаружены не были (по справочным данным они также отсутствуют) [5,6].

Значительным показателем биологической ценности рыбы является аминокислотная сбалансированность, которая характеризуется адекватностью набора и соотношением незаменимых аминокислот к эталонному белку.

Исследованный аминокислотный состав мышечной ткани речного окуня (*Perca fluviatilis*) представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Аминокислотный состав (г на 100 г белка) мышечной ткани речного окуня (*Perca fluviatilis*)**

Аминокислоты	Содержание АК в белке «эталона» ФАО/ВОЗ, г/100г	Содержание, г/100 г белка
Незаменимые		
валин	4,00	4,59
изолейцин	2,80	3,92
лейцин	6,30	8,79
лизин	4,80	8,64
метионин + цистин	2,30	4,74
треонин	2,50	4,38
триптофан	0,60	0,76
фенилаланин + тирозин	4,10	6,07
Заменимые		
аланин		5,36
аргинин		6,64
аспаргин + аспарагиновая кислота		13,05
глицин		4,24
глутамин + глутаминовая кислота		16,39
пролин		3,11
серин		3,54
гистидин		2,15

По данным таблице 2 можно сделать вывод, что аминокислотный состав белков мышечной ткани речного окуня характеризуется относительно высоким содержанием незаменимых аминокислот – 43,5 %. Среди которых наибольшее количество приходится на лейцин (более 8 г на 100 г белка), а наименьшее - на триптофан.

В отношении заменимых аминокислот, которые играют важную роль в обеспечении нормальной жизнедеятельности всего организма человека, мышечная ткань речного окуня богата глутамином и глутаминовой кислотой (суммарно) - 16,39 г на 100 г белка, наименьшее количество приходится на долю гистидина.

Особенно важно наличие незаменимых аминокислот, которые не синтезируются в организме человека и их поступление можно обеспечить с помощью употребления в пищу животного сырья с высокой биологической ценностью, мясо речного окуня можно отнести к такому сырью на основе представленных данных.

Для характеристики биологической ценности белков речного окуня были исследованы показатели, которые учитывают состав незаменимых аминокислот, а также эффективность их использования в организме.

В таблице 3 представлены рассчитанные коэффициенты, характеризующие биологическую ценность речного окуня.

Таблица 3

**Оценка биологической ценности белков мышечной ткани речного окуня**

Аминокислоты	Содержание АК		АКС, %	КРАС, %	БЦ, %	U, доли ед.
	в белке «эталона» ФАО/ВОЗ, г/100г	в исследуемом белке				
Валин	4,00	4,59	114,75	39,04	60,96	0,75
Изолейцин	2,80	3,92	140,00			
Лейцин	6,30	8,79	139,52			
Лизин	4,80	8,64	180,00			
Метионин + цистин	2,30	4,74	206,09			
Треонин	2,50	4,38	175,20			
Триптофан	0,60	0,76	148,05			
Фенилаланин + тирозин	4,10	6,07	126,67			

На основании представленных расчетов можно сделать вывод о достаточно высокой биологической ценности белков мышечной ткани речного окуня (60,96 %). Полноценность данного белкового сырья подтверждается значениями аминокислотных скоров для всех незаменимых аминокислот выше 100 % (114,75 – 206,09 %).

Обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава характеризует степень сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме. В белке мышечной ткани окуня коэффициент утилитарности аминокислотного состава равен 0,75, что говорит о его достаточно высокой сбалансированности по отношению к физиологической норме.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что мясо речного окуня вида *Perca fluviatilis* выловленного в Куршском заливе Калининградской области отличается ценным химическим составом и высокой биологической ценностью. В мясе присутствует значительное количество белков, характеризующихся полноценностью для всех незаменимых аминокислот. Расчёт дополнительных коэффициентов позволил определить сбалансированность аминокислотного состава для каждой аминокислоты, вычислить КРАС (39,04%), БЦ (60,96%), коэффициент утилитарности (0,75 доли ед.). Также было установлено, что наиболее высоким содержанием среди заменимых аминокислот является глутаминовая кислота и глутамин (суммарно) - 16,39 г на 100 г белка, среди незаменимых – лейцин (более 8 г на 100 г белка), а наименьшее на триптофан, лимитирующей аминокислотой является гистидин.

Полученные данные позволяют рассматривать речного окуня в качестве перспективного сырья для производства широкого ряда рыбной продукции, и как следствие способствуют расширению ассортимента на отечественном рынке.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М.: НИА-Природа, 2019. – 290 с.
2. Кухоренко К. Г. Рыбы Балтики и заливов (Калининградский регион): альбом / К. Г. Кухоренко, К. В. Тылик. – Калининград: Терра Балтика, 2013. – 151 с.
3. Яржомбек А.А. Образ жизни и поведение промысловых рыб. – М.: Изд-во ВНИРО, 2016. – 200 с.



4. Кудерский Л.А. Избранные труды. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным дисциплинам. Том 5. Сборник научных трудов ФГБНУ ГосНИОРХ, вып. 344. – М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. – 292 с.

4. Быков В.П. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам рыб внутренних водоемов / Под ред. В.П. Быкова. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 207 с.

6. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

7. Мезенова О. Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учебное пособие. СПб.: Проспект Науки, 2015. – 224 с.

## **RESEARCH OF AMINO ACID COMPOSITION OF PROTEINS OF RIVER PERCH (PERCA FLUVIATILIS)**

Makeeva Alena Vladimirovna, master's student of the Department of food biotechnology  
Klyuchko Natalia Yuryevna, associate Professor of the Department of food biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,  
e-mail: natalya.kluchko@klgtu.ru

*According to the results of the study of the chemical composition, the muscle tissue of the river perch - Perca Fluviatilis, caught in the Curonian Lagoon of the Kaliningrad region, is a worthy source of complete protein, fat and minerals. The amino acid composition of proteins was determined by capillary electrophoresis. The calculation method determined the balance of the amino acid composition for each amino acid, KRAS (39.04%), BC (60.96%), the utilitarian coefficient (0.75 fraction units). The highest is the total content of glutamic acid and glutamine (in total) - 16.39 g per 100 g of protein, the limiting amino acid is histidine.*

УДК 637:639:664

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛИЗА КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО РЫБНОГО И МЯСНОГО СЫРЬЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ МЕТОДОМ**

Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор  
Мезенова Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент  
Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент  
Байдалинова Лариса Степановна, канд. техн. наук, доцент, ст. научн. сотрудник  
Волков Владимир Владимирович, зам. директора технопарка  
Андреев Михаил Павлович, д-р техн. наук, профессор  
Саускан Владимир Ильич, д-р биол. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: mezenova@klgtu.ru; nataliya.mezenova@klgtu.ru;  
svetlana.agafonova@klgtu.ru; larisa.baydalinova@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru

*С целью извлечения ценных органических компонентов исследован высокотемпературный гидролиз голов копченой кильки и трубчатых костей животных. Гидролиз проведен в автоклаве, в водной среде при температуре 130-140 °С под давлением 3-6,2 бар. Исследован химический состав сырья, влажных и сухих гидролизатов. Установлены параметры наибольшего выхода протеиновой фракции из сырья и наилучшего фракционирования гидролизованного сырья. Продукты гидролиза рекомендованы к использованию в качестве пищевых и кормовых добавок.*

В Калининградском регионе зарегистрировано свыше 200 рыбо- и мясоперерабатывающих производств. Наибольшее количество в стране предприятий по выработке консервов «Шпроты в масле» приходится на нашу область. На этих предприятиях в ходе технологического процесса накапливаются так называемые вторичные ресурсы (кости, шкуры, чешуя и др.), мало используемые для получения дополнительной продукции. Особой проблемой являются копченые отходы, прежде всего, головы копченой кильки, как отходы шпротных производств. Это сырье нельзя из-за коптильных компонентов не перерабатывают на кормовую муку, а зачастую утилизируют, при этом уничтожаются натуральные биологически активные вещества. Поэтому переработка вторичного сырья мясных и рыбных производств является актуальной социальной, экономической и экологической задачей.

Биологические отходы мясных и рыбных предприятий богаты белками (преимущественно коллагеновой природы), ценными жирными кислотами, кальцием и фосфором, в них содержатся аминокислоты (хондроитинсульфат, глюкозамин), нуклеиновые и азотистые основания (ДНК, РНК) и другими веществами, входящими в состав опорно-двигательного механизма человека. Поэтому рационально направлять данное сырье на извлечение названных БАВ и использования их в составе функциональных композиций, предназначенных для поддержания костной и покровных тканей организма. При условии технологического обеспечения санитарной безопасности такие композиции могут быть использованы в качестве БАД к пище, предназначенных для профилактики двигательной системы человека и животных [1, 2].

Из-за высокой минерализации наиболее трудным в глубокой переработке является костное сырье: головы рыб, трубчатые кости и мослы, реберные кости и др. При этом массовая доля минерализованного коллагена (остеопротейна) может достигать выше 50 %.

Перспективным способом переработки коллагенсодержащего высокоминерализованного мясного и рыбного сырья является его высокотемпературный гидролиз в водной среде, следствием которого является молекулярный распад тканей. Водорастворимые компоненты являются наиболее ценной частью деградированной системы, поскольку в основном они представлены низкомолекулярными пептидами (10-20 кДа), обладающими высокой биологической активностью. Разделением гидролизованной системы на фракции позволяет получить ценные протеиновые материалы животного происхождения, а также сопутствующих жировых и минеральных композиций [1, 2].

Целью работы являлись сравнительные исследования высокотемпературного гидролиза при комплексном использовании мясокостного коллагенсодержащего рыбного и мясного сырья (голов копченой кильки, трубчатых костей и ребер КРС). Конкретными задачами исследования являлись: изучение степени гидролиза тканей под действием различных факторов, оценка массового выхода фракций, стабилизация качества протеиновых продуктов гидролиза обезвоживанием, органолептическая оценка целевых продуктов, обоснование рациональных направлений использования.

Экспериментальные исследования были проведены в Центре передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». Вторичное сырье было предоставлено рыбо- и мясоперерабатывающими предприятиями Калининградской области: говяжьих мослы и ребра КРС (Голубевский мясокомбинат «ЛЭАР»); трубчатые и реберные свиные кости (ОАО «Альмак»), головы копченой кильки (ОАО «РосКон» и СПК «За Родину»).

Коллагенсодержащее сырье имело разный состав по видам отходов и химическому составу. Шпротные головы были из копченой кильки разной жирности, что обусловлено сезоном вылова (осенний и весенний вылов), при этом содержание жира составляло соответственно 13,8% и 24,5%. Обработку рыбных отходов осуществляли в термогидролизере при 130°C, давление 0,25 мПа, рН 7,0, скорости перемешивания 50 об/мин., выдерживая при данных параметрах 60 мин. Для этого сырье измельчали, добавляли горячей воды (Т = 75-80 °С) при гидромодуле 1:1. При обработке жирного сырья горячую воду выделялась липидная фракция, которую отделяли центрифугированием, что позволяло получать рыбный жир хорошего качества, с приятными «шпротными» оттенками аромата. Смесь измельченной рыбной ткани и воды перемешивали и помещали термогидролизер для высокотемпературного гидролиза. Далее содержимое извлекали и фракционировали с применением центрифуги при скорости вращения 4000 об/мин. В результате такой обработки деградированная суспензия разделялась на три фракции – жировую (верхнюю), водорастворимую протеиновую (среднюю) и белково-минеральную (нижнюю). Фракции осторожно извлекались и подвергались исследованиям.

Подготовку к исследованиям коллагенсодержащего мясного сырья проводили по аналогичной технологии, в два этапа. Сначала сырье грубо измельчали с применением строительного пресса, далее его перетирали в емкости, оснащенной вращающимся диском. Термогидролиз проводили при температуре 140°C и давлении 0,55 мПа.

Аналитические исследования получаемых рыбных и мясных гидролизатов проводили в соответствии с требованиями стандартов и по общепринятым методикам.

Содержание основных органических веществ, массовый выход из коллагенсодержащего сырья в сублимированном состоянии, а также показатель растворимости в воде обезвоженных протеиновых композиций – основного продукта гидролиза, получаемого при комплексной переработке мясокостного сырья, приведены в таблице 1.

Анализ данных табл. 1 показывает, что сезонность вылова кильки, ее жирность, а также проведение (непроведение) предварительного отделения жира перед термогидролизом существенно влияют на все показатели процесса гидролиза и химический состав образующихся продуктов, прежде всего, на их растворимость и содержание белка в протеиновых фракциях гидролизатов. Из килечного сырья с жирностью 13,8% получается сублимированный гидролизат с относительно пониженной растворимостью пептидного материала (90,9 %), при этом содержание протеинов в нем относительно высокое (80,2%), а содержание минеральных веществ незначительное. В связи с этим проведение термогидролиза с предварительным отделением жира является более предпочтительным при обработке сырья повышенной жирности; в данном случае образуется протеиновый порошок с содержанием жира не более 2% (1,2-1,4%). Наиболее массовый выход сублимированного протеинового гидролизата (7,9% сырья) образуется при гидролизе средне жирного сырья, которое предварительно термически обезжиривали.

Таблица 1

**Показатели качества сублимированных протеиновых гидролизатов, полученных в процессе термического гидролиза шпротных отходов (голов копченой кильки), предоставленных разными рыбоперерабатывающими предприятиями**

№ п/п	Рыбокомбинат, наличие предварительного обезжиривания	Массовая доля жира в сырье%	Растворимость протеин.гидролизата, %	Массовый выход обезвоженных протеиновых гидролизатов, %	Массовая доля в протеиновом сублимированном гидролизате, %				
					воды	сухих веществ	жира	зола	протеиновых веществ
1	ОАО «РосКон», с предварительным отделением жира	13,80	90,91	7,92	6,61	93,39	3,40	9,81	80,19
2	СПК «За Родину», с предварительным отделением жира	24,51	98,24	6,71	7,82	92,08	1,40	13,42	77,28
3	ОАО «За Родину», без предварительного отделения жира	24,53	95,32	6,43	6,33	93,67	8,30	13,34	72,06

Результаты исследования комплексной переработки мясокостного сырья приведены в таблицах 2 и 3.

Из данных таблицы 2, включающих результаты определения параллельных проб, следует, что трубчатые свиные и говяжьи кости имеют разный химический состав.

Так, говяжье сырье содержит повышенное количество белковых соединений (31,7-32,6%), при этом основная массовая доля в них приходится на коллаген (18,4-21,1%). В говяжьем сырье также больше минеральных веществ (31,7-32,6%) и меньше воды (12,0 – 15,0%), чем в свиных трубчатых костях (32,6 – 41,4%).

## Содержание основных органических веществ в коллагенсодержащем мясокостном сырье

Показатели, г/100г ткани	Кости трубчатые свиные (с мозгами), (мясокомбинат «Альмак»)					Кости трубчатые говяжьи (с кулаками) (мясокомбинаты ЛЭАР, «Голубево»)		
	1	2	3	4	сред.	1	2	средн.
Вода	41,41	40,83	37,13	32,62	38,91	12,02	15,02	13,53
Сухие вещества	58,92	59,24	62,92	67,43	61,12	88,03	85,03	86,52
Жир	19,61	21,41	21,73	21,91	21,22	19,83	18,31	19,14
Зола	18,03	15,80	22,14	25,44	20,83	31,72	32,64	32,21
Протеиновые в-ва :	21,32	22,03	19,15	20,13	19,13	36,54	34,12	35,31
-в т.ч. коллаген	7,52	8,04	-	-	7,72	21,12	18,43	19,82

На основании результатов исследования установлено, что говяжьи кости трубчатые содержат повышенное количество кальция (15,21-16,56%) и фосфора (7,53-6,91%), при этом массовое соотношение этих двух функциональных соединений составляет 2:1, что приближено к рекомендуемым физиологическим нормам в питании (МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации).

Результаты исследования процесса термогидролиза данного мясокостного сырья (выход органических фракций и их химический состав) приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Показатели качества продуктов термогидротермолиза костей трубчатых говяжьих (производитель ЛЭАР)

Фракции (получены при гидромодуле 1:2)	Выход, % от массы сырья и воды	Химический состав, % массы				
		Вода	Сухие вещества	Протеин	Жир	Зола
Протеиновый гидролизат (влажный)	65,51	92,81	7,21	7,04	0,05	0,19
Протеино-минеральный осадок (влажный)	25,12	43,42	56,58	5,43	0,81	50,40
Говяжий жир	5,12	-	-	-	-	-
Протеиновый гидролизат (сублимированный)	4,73	2,63	97,37	94,32	0,63	2,50
Протеино-минеральный осадок (сухой)	13,14	2,14	97,86	13,71	1,26	82,90

Представляют интерес результаты сравнения показателей термогидролиза рыбо- и мясокостного коллагенсодержащего сырья, проведенного на одном оборудовании. Основной вывод, при разных количественных показателях, сводится к рациональности использования такого процесса для глубокого фракционирования данного проблемного сырья, позволяющего получать три фракции органических веществ (протеиновая, жировая и белково-минеральная), которые в дальнейшем можно использовать в качестве натуральных функциональных добавок. Так, из 100 кг костей трубчатых говяжьих получают 4,72 кг сублимированного протеинового порошка с массовой долей ценных низкомолекулярных пептидов 94,3%, при этом в нем содержится минимальное количество примесей (жира 0,63%, золы 2,5%). Ценным преимуществом гидротермолизной технологии является возможность получения так называемой минерально-белковой добавки (13,12 % массы сырья), в которой содержится 82,9% минеральных веществ (преимущественно кальций и фосфор), 13,7% высокомолекулярных протеинов (оссеиновых пищевых волокон животного происхождения), 1,26% липидов. Также из 100 кг такого говяжьего сырья получают 5,05 кг костного жира со стандартными показателями качества.

Несколько отличаются показатели процесса комплексной переработки шпротных отходов: из 100 кг голов копченой кильки получают 7,9 кг сухого протеинового порошка при его влажности 6,7%, содержании протеиновых веществ 82,7%, жира 2,0% и золы 0,6%. При этом масса белково-минерально-жировой добавки (осадочной фракции) составляет 35,7 кг при влажности 3,9%, содержании протеиновых, жировых и минеральных веществ соответственно 54,5%, 18,1% и 54,5%. При предварительном обезвоживании сырья выход рыбного жира (сумма двух партий жира - до и после гидролиза), составляет 8,7 кг (расчет сделан для сырья жирностью 13,8%).

Сравнение процессов высокотемпературного гидролиза двух видов коллагенсодержащего высокоминерализованного сырья показывает, что глубокий распад с последующей водной экстракцией водорастворимых низкомолекулярных протеиновых соединений наиболее эффективно наблюдается при обработке рыбкостного сырья. Данный результат можно объяснить наименьшим количеством минеральных веществ и наименьшей прочностью соединительных тканей рыбы, прежде всего, у кильки, обладающей мягкими костными тканями. Однако наиболее чистое фракционирование, то есть получение протеиновых и минеральных фракций с наименьшим количеством примесей, имеет место при гидротермолизе мясокостного сырья. Это явление можно объяснить наличием в составе рыбкостного сырья (особенно, рыбных голов) высокой доли фосфолипидных соединений, которые являются эмульгатором для белково-водно-жировой эмульсии. Именно эти вещества, обладающие высокой поверхностно-активной энергией, затрудняют отделение жира из разрушенной суспензии, способствуют образованию устойчивой белково-водно-жировой эмульсии. Поэтому во всех фракциях полученных из рыбного сырья, содержится повышенное количество жира и белка относительно продуктов мясокостных гидролизатов [2].

Следует отметить, что при гидролизе голов кильки, независимо от жирности сырья, протеиновый сублимированный гидролизат содержит 90,9-98,2% водорастворимых пептидов, при этом доля низкомолекулярных осколков белка (пептидов с молекулярной массой менее 100 кДа) составляет в водорастворимой фракции 85,0-89,0%, а на долю низкомолекулярных олигопептидов (преимущественно ди- и трипептидов с молекулярной массой менее 10 кДа), приходится 33,6-38,2 % всей массы пептидных композиций. Следует отметить, что именно данная фракция относится к биологически активным соединениям, обладающим рядом функциональных свойств (антиоксиданты, иммуномодуляторы, остеопротекторы и др.) [1].

Органолептический анализ полученных в результате термогидролиза органических фракций коллагенсодержащего животного сырья показал, что протеиновые сублимированные порошки из шпротных голов представляют собой композиции бежевого цвета с коричневатым оттенком. Мясные протеины имели светло-бежевый цвет, при этом свиные композиции были более светлыми, чем говяжьи. Все протеиновые порошки обладали специфическими вкусо-ароматическими свойствами, характерными для данного высушенного сырья, гармонирующими с пищевыми запахами. Шпротный протеиновый гидролизат имел выраженный запах копченой рыбы, что предопределяет направления его использования (для пищевых продуктов, в которых желателен запах копчености, типа снеков, колбасных композиций, паштетов, хлебных изделий, закусочных продуктов, соусов и пр.).

Жировые композиции, полученные при термогидролизе, соответствовали по основным показателям требованиям, предъявляемым действующей технической документацией к жирам говяжьим и рыбным. Жир, извлеченный из голов копченой кильки, имел приятный аромат копчености и был положительно апробирован в составе масляной заливки консервов из натуральной скумбрии и сардины (СПК «За Родину»). Высокую органолептическую оценку получили майонезы, рецептуры которых были обогащены жировой композицией с ароматом копчености. Особые гастрономические свойства приобрели снеки, изготовленные в виде формованного печенья, в состав которого вместо жировой и водной добавок были введены влажные белково-водно-жировые гидролизаты шпротных голов (с предварительным отделением осадочной фракции). Говяжий жир был успешно апробирован в составе кондитерских изделий, а также был использован для приготовления мыла.

Белково-минеральные добавки мясокостного и рыбо-шпротного происхождения (осадочные фракции) представляют собой нерастворимые тонко измельченные дисперсии со специфическими вкусо-ароматическими оттенками, характерными для использованного сырья, и сочетающимися с основными пищевыми запахами. В связи с их высокой биологической активностью (по

содержанию минеральных веществ и высокомолекулярных белков) их апробировали в технологиях производства паштетов (из куриной печени), хлебов геродиетического назначения, спортивном питании (источники остеопротекторов).

Особую ценность в исследованной технологии термогидролиза коллагенсодержащего сырья представляет водорастворимая низкомолекулярная пептидная фракция, отличающаяся высокой биологической активностью. По многочисленным литературным источникам данный биопотенциал рекомендуется употреблять в качестве источника биологически активных веществ в функциональном и персонализированном питании, что требует отдельных исследований.

**Заключение.** Показана перспективность переработки вторичного коллагенсодержащего сырья рыбного и мясного происхождения с применением высокотемпературного гидролиза, высокого давления, в водной нейтральной среде, в которую экстрагируются низкомолекулярные продукты деградации органических тканей. Последующая дообработка с разделением фракций позволяет получать безопасные натуральные органические композиции, которые можно использовать, как функциональные пищевые ингредиенты и продукты. Это: низкомолекулярные пептиды, жировые и белково-минеральные композиции, состав которых зависит от сырья и режимов гидролиза. Показатели выхода фракций, органолептические характеристики продуктов термогидролиза, а также оценка органолептических свойств и химического состава свидетельствуют о рациональности их использования для пищевых, кормовых и биотехнологических целей. На основе термогидролиза целесообразно выпускать протеиновые пищевые добавки, компоненты стартовых кормов для животных, рыб, микробиологических сред, БАД-ов, специализированных продуктов для спортсменов, геродиетического, энтерального и диетического питания, в рецептурах заливок и других поликомпонентных продуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О.Я. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств / Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2019. – № 2-3 (368-369). – С. 68-71.
2. Ферментативная модификация побочного мясокостного коллагенсодержащего сырья при его переработке / Н.Ю. Мезенова, С.В. Агафонова, О.Я. Мезенова, Л.С. – С. 314-324.

#### STUDY OF HYDROLYSIS OF COLLAGEN-CONTAINING FISH AND MEAT RAW MATERIALS BY HIGH-TEMPERATURE METHOD

Mezenova Olga Yakovlevna, doctor of technical Sciences, professor  
Mezenova Natalia Yuryevna, Ph.D., associate professor  
Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D., associate professor  
Baydalinova Larisa Stepanovna, Ph.D., associate professor, senior scientific employee  
Volkov Vladimir Vladimirovich, deputy technopark director  
Andreev Mikhail Pavlovich, doctor of technical Sciences, professor  
Sauskan Vladimir Ilyich, doctor of biological sciences, professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,  
e-mail: mezenova@klgtu.ru; nataliya.mezenova@klgtu.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru;  
larisa.baydalinova@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru

*In order to extract valuable organic components, the high-temperature hydrolysis of smoked sprat heads and tubular bones of animals was studied. The hydrolysis was carried out in an autoclave in an aqueous medium at a temperature of 130-140 ° C under a pressure of 3-6.2 bar. The chemical composition of raw materials, wet and dry hydrolysates is investigated. The parameters of the highest yield of protein fraction from raw materials and the best fractionation of hydrolyzed raw materials are established. Hydrolysis products are recommended for use as food and feed additives.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКА ИЗ ТОПИНАМБУРА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Муравьева Наталья Александровна, бакалавр  
Байдалинова Лариса Степановна, профессор, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: natahlie98@gmail.com; larisa.baydalinova@klgtu.ru

*В статье описана тревожная ситуация с заболеваниями сахарным диабетом в мире и России. Описаны симптомы сахарного диабета II типа. Отмечено положительное влияние инулина на организм больных сахарным диабетом. Предложено введение инулина, содержащегося в порошке из топинамбура, в продукты массового потребления. В качестве обогащаемого продукта выбрана группа мясных рубленых полуфабрикатов – котлеты. Методом математического моделирования оптимизирована рецептура мясных рубленых полуфабрикатов. Показана функциональность разработанного продукта, обогащенного инулином*

Сахарный диабет входит в число наиболее значимых задач. По всему миру, на январь 2020 года, число больных сахарным диабетом II типа достигло около 371 миллиона человек, что составляет 7,1% всего населения [1].

Россия, в свою очередь, занимает 4 место по количеству больных сахарным диабетом. Статистика сахарного диабета II типа по России насчитывает около 10 млн больных, что составляет 6% со всего населения страны [1].

На февраль 2020 года в Калининградской области число больных сахарным диабетом составило 26 тыс. человек, из них 310 – дети. Эти данные демонстрируют количество больных, уведомленных о своей болезни. Многие больные не знают о том, что больны, что свидетельствует о более высоком уровне заболеваемости в мире [2].

Сахарный диабет – заболевание, связанное с нарушением работы поджелудочной железы, при этом перестает вырабатываться инсулин, либо организм не может в нужной мере использовать инсулин [3].

Выделяют несколько видов сахарного диабета, но основными являются сахарный диабет I и II типа [3]. В данной работе рассматривается сахарный диабет II типа, так как он более распространен.

При сахарном диабете II типа, инсулин вырабатывается поджелудочной железой в достаточном количестве, но организм не использует его полноценно. В результате происходит накопление глюкозы в крови сверх допустимых уровней и проявляются разрушительные свойства диабета. Чаще всего этим типом диабета болеют люди с ожирением в возрасте после 40 лет. Его симптомы долгое время проявляются слабо и люди редко обращаются к врачу. Профилактикой сахарного диабета II типа является здоровый и активный образ жизни с интенсивным расходом в организме потребляемых сахаров и, в частности, глюкозы [3].

К симптомам сахарного диабета II типа относятся: слабость, сонливость, жажда, полиурия, усиленный аппетит, кожный зуд, медленно заживающие раны и др. [3]

Среди факторов развития сахарного диабета выделяют следующие: генетическая предрасположенность, ожирение, заболевания, связанные с поджелудочной железой, инфекции, продолжительный прием лекарств, алкоголизм, беременность (гестационный диабет), низкая физическая активность, нервный стресс, возраст.

Сахарный диабет несет за собой ряд последствий, которые можно поделить на острые, поздние и хронические. Наиболее опасными являются острые проявления. Острые проявления болезни могут протекать в течение нескольких часов и, в свою очередь, могут привести к летальному исходу. К острым проявлениям относятся кетоацидоз, гипогликемия, гиперосмолярная кома, лактоцидотическая кома и другие [1].

К поздним проявлениям сахарного диабета относятся следующие заболевания: ретинопатия, ангиопатия, полинейропатия, а также диабетическая стопа. Эти последствия опасны тем, что постепенно разрушают организм [1].

При хронических проявлениях страдают сердечно-сосудистая система, органы выделительной системы, нервная система и покровы кожи [1].

Главной задачей пищевой промышленности, в целях снижения распространения сахарного диабета, является ограничение поступления глюкозы с продуктами питания. Для этого используются различные сахарозаменители, производятся продукты с пониженным гликемическим индексом, но наиболее действенным является использование продуктов, понижающих уровень глюкозы в крови. К веществам, выполняющим это требование относится инулин.

Инулин – это полисахарид, на 96% состоящий из остатков D-фруктозы, и незначительного количества D-глюкозы [4]. Такой состав позволяет инулину понижать уровень глюкозы в крови за счет снижения ее поступления.

Инулин обладает способностью проникать через мембрану клетки и заменять собой глюкозу в обмене веществ. Инулин также может выводить глюкозу из организма. Помимо углеводного метаболизма, инулин влияет на обмен жиров, понижая в организме содержание жирных кислот, ацетона, холестерина и кетонов [4].

Инулин способствует усвоению цинка и меди – необходимых элементов, понижающих уровень сахара в крови и повышающих иммунитет [4].

Этот полисахарид, также выполняет функции, не связанные напрямую с сахарным диабетом.

Инулин выводит из организма шлаки и токсины, а также радионуклиды и тяжелые металлы. Он способствует очищению печени. Способствует усвоению кальция, также является пребиотиком [4].

Инулин обладает антикоагулянтными свойствами, то есть предотвращает образование сгустков крови, что может быть полезным в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний [4].

Положительное влияние инулина в составе пищевых продуктов на состояние здоровья населения доказали многие ученые, которые добавляли инулин в различные продукты питания: хлебобулочные и кондитерские изделия, молочные продукты, мясные продукты и др. [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]

Главными источниками инулина являются топинамбур, цикорий, ревень и чеснок.

Цикорий имеет следующий химический состав, который меняется в зависимости от различных факторов: вода – 72,0-77,0; белок – 1,0-1,2; жиры – 0,1-0,3; сахара – 1,0-6,0; инулин – 12,0-30,0; клетчатка – 1,3-1,8; зола – 1,1-1,9 [12].

В состав ревеня входят гликозиды 2 групп: танногликозиды – до 12% и антрагликозиды – до 6%, а также дубильные вещества, смолы, пектиновые вещества, пигменты и крахмал [13].

В состав чеснока входят: белки (6,2 %), углеводы (0,3–0,7 %), инулин (12–22 %), клетчатка (0,7 %), эфирные масла, аллиин, макроэлементы – 1,3 %, микроэлементы (селен, сера, медь, железо, германий), витамины (С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, Е и др.), жирные масла, фитостерины, фитонциды, и большое количество других биологически активных веществ [14].

Химический состав клубней топинамбура описан многими учеными, в числе которых Н.К. Кочнев и Л.А. Решетник [15]. В состав клубней топинамбура входят: вода – 80,3 %, белки – 1,4 %, жиры – 0,32 %, зола – 1,34 %, углеводы – 12,6%, пищевые волокна – 3,49%

Белок клубней топинамбура является полноценным и содержит следующее количество незаменимых аминокислот (% от массы белка): лизин – 6,7; лейцин – 8,7; валин – 8,1; треонин – 6,2; изолейцин – 5,6; фенилаланин – 6,5; метионин – 1,5; триптофан – 2,9. Всего в составе топинамбура 16 аминокислот. Из заменимых аминокислот в его состав входят тирозин, аргинин, гистидин, серин, аланин, глицин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота.

Р.И. Екутеч, Р.И. Шаззо, Г.А. Купин, В.В. Кондратенко, Р.С. Шаззо приводят данные, показывающие, что содержание инулина в клубнях топинамбура может достигать до 45% от общего количества углеводов [16]. Химический состав клубней топинамбура свидетельствует о целесообразности их использования при сахарном диабете. Применяться могут клубни в сыром виде, но более рациональным является внесение клубней из топинамбура в продукты питания массового потребления. Одними из таких продуктов могут служить мясные рубленые полуфабрикаты (котлеты).



К ведущим брендам по производству мясных полуфабрикатов относятся: «Мираторг» (АПХ «Мираторг»), «Золотой петушок» (ГК «Продукты питания»), «Горячая штучка» (АО «АБИ Продакт»), «Морозко» (ПК «Морозко», Санкт-Петербург), «Петелинка» (ПАО «Группа «Черкизово»), «Индилайт» (ГК «Дамате») и другие.

Согласно ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясных продуктов», мясной рубленый полуфабрикат состоит из мясного и немясного сырья. При этом содержание мясного сырья должно быть не менее 60%.

Для производства мясных полуфабрикатов применяются говядина, свинина, мясо птицы и другое мясное сырье. Говяжье мясо существенно влияет на органолептические показатели готового изделия. В говядине содержится значительное количество белков, обладающих эмульгирующей способностью. Таким образом, мышечная ткань КРС обеспечивает плотную и сочную консистенцию полуфабрикатов.

Свинина обладает высокой энергетической ценностью. Внесение свинины улучшает органолептические показатели за счет нежности мышечной ткани, и высокому содержанию легкоплавкого жира.

Свиной шпик обладает наибольшим количеством незаменимых жирных кислот в сравнении с другими животными жирами – до 10,5 %, в т.ч. линолевой – до 9,5 %, линоленовой – до 0,6 %, арахидоновой – до 0,35 %. Соотношение насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в свином шпике приблизительно составляет 3:4:1, что приближено к оптимальному значению (3:6:1). В свою очередь свиной жир лучше усваивается (на 96-98 %) по сравнению с говяжьим (76-94 %) и бараньим (80-90 %).

В качестве обогащающей добавки в мясные полуфабрикаты целесообразно использовать клубни топинамбура в виде порошка, таким образом можно облегчить технологический процесс, и при этом получить продукт, обладающий высокой биологической ценностью и хорошими органолептическими показателями. Химический состав порошка из топинамбура представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Состав порошка из топинамбура [6]**

<b>Показатели</b>	<b>Порошок из топинамбура</b>
Белки, г/100г	9
Вода, г/100г	10
Жиры, г/100г	1
Зола, г/100г	5
Углеводы г/100г	69
Клетчатка г/100г	13
Витамин В <sub>1</sub> , мг%	10
Витамин В <sub>2</sub> , мг%	10
Витамин С, мг%	10
Калий, мг%	1382,5
Кальций, мг%	78,8
Магний, мг%	30
Натрий, мг%	17,2
Фосфор, мг%	500

Содержание инулина в порошке из клубней топинамбура около 30%.

По данным М. К. Алтушнян, Н.И. Слепокуровой, А.Б. Лебедевым и М.В. Некрасовой [17] содержание инулина в порошках из топинамбура сублимационной сушки от 18 до 41%. Эти данные свидетельствуют, что данная сушка не оказывает пагубного воздействия на биологическую ценность топинамбура.

При выборе для экспериментов порошка из топинамбура испытаны два порошка производителя «Дары Памира» порошки грубого и тонкого помолов.

Химический состав этих порошков представлен в таблице 2.

Таблица 2

**Химический состав порошков из топинамбура различного помола [18]**

Показатель	Порошок тонкого помола	Порошок грубого помола
Массовая доля влаги, %	5,9	8,6
Массовая доля сухих веществ, % В том числе:	94,1	91,4
Массовая доля минеральных веществ, %	5,4	5,9
Массовая доля жира, %	0,48	0,52
Массовая доля белка, %	5,3	8,6
Массовая доля углеводов, в том числе инулина, %	82,92	76,38

Из данных таблицы 2 видно, что порошок из топинамбура грубого помола содержит больше влаги. Экспериментально установлено, что порошок тонкого помола, при одинаковом модуле гидратации образует более равномерную массу, чем порошок грубого помола. Это свойство стало решающим при выборе для экспериментов порошка тонкого помола.

На долю углеводов в порошке из топинамбура приходится около 80%. В число углеводов входят инулин, моносахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы, целлюлозы.

Для производства мясных полуфабрикатов с добавлением порошка из топинамбура применяется технологическая схема, основанная на стандартной технологии приготовления полуфабрикатов - котлет. К основным операциям относятся следующие:

- 1 Прием сырья и материалов;
- 2 Дефростация замороженных мясных блоков;
- 3 Измельчение мяса;
- 4 Подготовка вспомогательного сырья;
- 5 Гидратация порошка из топинамбура;
- 6 Приготовление фаршевой смеси;
- 7 Формирование котлет;

8 Замораживание в аппарате шоковой заморозки до температуры в центре продукта не выше минус 18 °С;

9 Хранение при температуре не выше минус 18 °С;

10 Реализация.

При использовании для полуфабрикатов порошка из топинамбура необходимой оказалась его предварительная гидратация. При обосновании степени гидратации вносилось различный объем воды, создающее соотношение порошка и воды от 1:1 до 1:4. Результаты оценивались по структуре образующейся смеси и степени распределения полученной массы в мясном фарше при составлении фаршевой смеси для котлет (таблица 3).

Таблица 3

**Определение оптимальной степени гидратации порошка из топинамбура**

Без гидратации	Степень гидратации			
	1:1	1:2	1:3	1:4
Консистенция котлетного фарша при внесении сухого порошка неоднородная, неудовлетворительная, образуются комки фарша с порошком	Гидратируемый порошок образует неравномерную массу, присутствуют сухие несмоченные участки. Фарш с порошком такой степени гидратации неравномерный, неудовлетворительный, с комками	В полученной гидратированной массе комков не образуется, мясной фарш с порошком такой степени гидратации имеет однородную структуру	При таком соотношении порошка и воды получается масса повышенной влажности, мягкая, текучая. Мясной фарш с порошком такой степени гидратации слишком влажный, консистенция его неудовлетворительная	При гидратации остается вода, не впитываемая в порошок. Использование порошка такой степени гидратации не целесообразно

Из таблицы 3 видно, что для приготовления полуфабрикатов более эффективной является степень гидратация порошка из топинамбура 1:2, при этом образуется однородная фаршевая система с влажностью, не превышающей установленных норм.

При гидратации порошка из топинамбура наблюдается изменение его цвета, потемнение, изменяются консистенция, вязкость и другие реологические свойства. Вязкость порошков зависит от состояния гидратной оболочки молекулы пищевых волокон. Внутреннее трение гидратированного порошка из топинамбура зависит от внутреннего трения дисперсионной среды [19].

При смешивании порошка из топинамбура с водой в соотношении 1:2 порошок сразу набухает, но все же требуется непродолжительное перемешивание полученной системы, для равномерного распределения влаги.

Внесение порошка из топинамбура в мясной фарш увеличивает значение рН, что сопровождается повышением ВСС и ВУС. Увеличение ВУС и ВСС происходит за счет наличия в порошке из топинамбура гидрофильных белков и полисахаридного комплекса. При добавлении порошка из топинамбура уменьшается значение адгезии фарша, а сам фарш становится более однородным, пластичным [7].

Помимо этого, внесение порошка из топинамбура в фаршевую смесь изменяет следующие характеристики фарша: 1) предельное напряжение сдвига уменьшается, что связано с внесением дополнительной влаги, а это, в свою очередь, ведет к увеличению толщины водно-солевой прослойки между частицами фарша. 2) ЖУС фарша при добавлении порошка из топинамбура повышается, но при достижении определенного значения понижается. Для удержания жира в продукте при термической обработке необходимы белки, обладающие способностью к эмульгированию. Поэтому, при внесении гидратированного порошка вместо жира, ЖУС увеличивается, т.к. снижается потребность в белках-эмульгаторах. Но при критической концентрации гидратированных порошков жиродерживающая способность продукта снижается. 3) Потери массы при термической обработке уменьшаются. Внесение порошка из топинамбура способствует повышению ВУС, ВСС и ЖУС. То есть при термической обработке такие котлеты будут в большей степени сохранять воду и жир в продукте по сравнению с контрольным образцом, приготавливаемым без внесения гидратированного порошка из топинамбура [8].

Внесение порошка из топинамбура влияет и на органолептические характеристики фарша и готовых котлет. Фарш приобретает кремовый оттенок. Готовые же котлеты с добавлением порошка из топинамбура становятся более темными и плотными, с легким привкусом используемой добавки, не ухудшающим органолептическую характеристику продукта.

Перечисленные обстоятельства требуют специальной проработки для оптимизации рецептуры приготавливаемой продукции.

### **Оптимизация рецептуры мясных рубленых полуфабрикатов с добавлением порошка из топинамбура**

Для оптимизации рецептуры мясных полуфабрикатов (котлет) проводилось математическое планирование, с использованием ортогонального центрально-композиционного плана второго порядка (ОЦКП второго порядка) для двух факторов. В качестве переменных факторов выбраны количество свинины в фаршевой смеси (от 29,7 г до 36,3 г на 100 г фаршевой массы) и количество гидратированного порошка из топинамбура (от 16 г до 24 г на 100 г). Откликами являются органолептическая оценка полуфабрикатов (в баллах) и содержание в котлетах инулина.

Благодаря реализации результатов опытов по данному плану создается возможность построения полиномиальной модели второго порядка в соответствии с формулой 1:

$$Y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq 2} b_i \cdot X_i + \sum_{1 \leq i \leq 2} b_{ii} \cdot X_i \cdot X_i + \sum_{1 \leq i \leq 2} b_{ij} \cdot (X_i)^2 \quad (1)$$

где:  $Y$  – обобщенный параметр оптимизации;

$X_i$  – изменяемые факторы;

$b_0, b_i, b_{ij}$  – неизвестные коэффициенты.

Вследствие ортогональности матрицы планирования коэффициенты математической модели определяются независимо друг от друга по формулам 2-9:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} \cdot Y_i}{\sum_{j=1}^N (X_{ij})^2} \quad (2)$$

где  $i$  – номер столбца в матрице;

$j$  – номер опыта в матрице;

$x_{ij}$  – элементы соответствующего столбца матрицы;

$y_j$  – значения параметра оптимизации в  $j$ -м опыте;

$N$  – количество опытов (в данном случае  $N = 9$ ).

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^9 X_0 Y_0}{\sum_{i=1}^9 X_0^2} \quad (3)$$

$$b_0 = b_0 - b_{11} X_1^2 - b_{22} X_2^2 \quad (4)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^9 X_1 Y_i}{\sum_{i=1}^9 X_1^2} \quad (5)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^9 X_2 Y_i}{\sum_{i=1}^9 X_2^2} \quad (6)$$

$$b_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^9 X_2 Y_i}{\sum_{i=1}^9 (X_1 X_2)^2} \quad (7)$$

$$b_{1,1} = \frac{\sum_{i=1}^9 (X_1^2) y_i}{\sum_{i=1}^9 (X_1^2 - 2/3)^2} \quad (8)$$

$$b_{2,2} = \frac{\sum_{i=1}^9 (X_2^2) y_i}{\sum_{i=1}^9 (X_2^2 - 2/3)^2} \quad (9)$$

Условия опытов, а также значения частных показателей качества котлет, полученные в результате исследований, приведены в таблице 4.

Таблица 4

#### План эксперимента по моделированию рецептуры и результаты его реализации

№ опыта	План эксперимента		Частные отклики		Частные безразмерные отклики		Обобщенный параметр оптимизации $Y$
	Мс, г	Мт, г	О, баллы	Си, г/100г	$S_0^2$	$S_{CK}^2$	
1	36,3	24	4,4	2,03	0,2612	0,0353	0,2965
2	29,7	24	6,9	2,16	0,0544	0,0185	0,0729
3	36,3	16	6,5	1,46	0,0772	0,1731	0,2503
4	29,7	16	7,6	1,55	0,0242	0,1444	0,1686
5	36,3	20	5,5	1,75	0,1512	0,09	0,2412
6	29,7	20	8,2	1,87	0,0079	0,0653	0,0714
7	33,0	24	7,5	2,10	0,0278	0,0256	0,0534
8	33,0	16	8,1	1,50	0,0100	0,1600	0,1700
9	33,0	20	9,0	1,81	0	0,0762	0,0762

Используя полученные значения обобщенного параметра оптимизации для каждого из образцов, указанные в таблице 4, рассчитаны коэффициенты математической модели по формулам (2-9). Значения искомых коэффициентов:

$$b_0 = 0,1556$$

$$b_1 = 0,0792$$

$$b_2 = 0,0277$$

$$b_{12} = 0,0355$$

$$b_{11} = 0,0836$$

$$b_{22} = 0,0390$$

Далее, подставив полученные значения коэффициентов в формулу 1, получили математическую модель рецептуры в кодированном виде, представленную в формуле 10.

$$Y = 0,1556 + 0,0792X_1 - 0,0277X_2 + 0,0355X_1X_2 + 0,0836(X_1^2 - 2/3) + 0,0390(X_2^2 - 2/3) \quad (10)$$

где:  $X_1$  – масса свинины, г/100 г фарша для котлет;

$X_2$  – масса гидратированного порошка из топинамбура, г/100 г фарша.

Для перехода к уравнению в натуральном виде в уравнение 10 подставляем следующие выражения, указанные в формулах 11-12.

$$X_1 = (M_c - 33,0)/3,3 \quad (11)$$

$$X_2 = (M_t - 20)/4 \quad (12)$$

После проведения математического преобразования получили полиномиальную модель второго порядка в натуральном виде, представленную в формуле 13.

$$Y = 10,5407 - 0,5382M_c - 0,1917M_t + 0,0027M_cM_t + 0,0077M_c^2 + 0,0024M_t^2 \quad (13)$$

Полученное уравнение позволило рассчитать оптимальные значения для основных компонентов мясных полуфабрикатов, обогащенных функциональным ингредиентом. Для этого уравнение 13 преобразовали по формулам 14 и 15.

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = -0,5382 + 0,0027M_t + 0,0154M_c = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = -0,1917 + 0,0027M_c + 0,0048M_t = 0 \quad (15)$$

Получены следующие оптимальные значения дозировок вносимых компонентов

$M_c = 31$  г – массовая доля свинины;

$M_t = 22,6$  г – массовая доля гидратированного порошка из топинамбура.

В результате проведения математического моделирования была получена графическая интерпретация модели полученной зависимости для обогащенных порошком из топинамбура полуфабрикатов, представленная на рисунке 1.

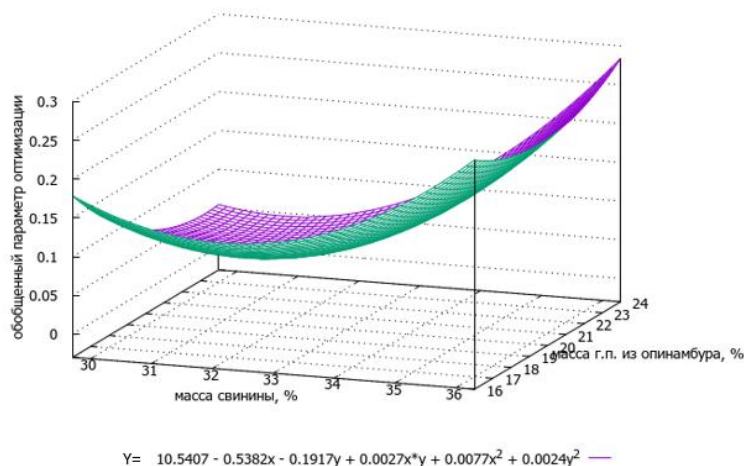


Рис. 1 – Пространственная трёхмерная модель для обоснования рецептуры котлет, обогащаемых порошком из топинамбура

Разработанная и обоснованная при математическом планировании рецептура мясных рубленых полуфабрикатов представлена в таблице 5.

**Рецептура мясных рубленых полуфабрикатов, обогащенных инулином**

Наименование компонента	Количество, кг на 100 кг фаршевой системы
Говядина жилованная второго сорта	33,0
Свинина жилованная мясная	28,0
Шпик свиной	9,9
Порошок из топинамбура	6,6
Вода для гидратации порошка из топинамбура	13,2
Яйцо куриное	5,0
Лук свежий очищенный	1,5
Чеснок свежий очищенный	0,7
Соль пищевая	0,8
Перец черный молотый	0,1
Вода питьевая	1,2

Органолептическая оценка проектируемых функциональных полуфабрикатов представлена в таблице 6.

Таблица 6

**Органолептические показатели мясных рубленых полуфабрикатов «Котлеты мясные с топинамбуром», обогащенных инулином**

Наименование показателя	Характеристика для полуфабрикатов
Внешний вид	Измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, без грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана, без разорванных и ломаных краев
Вид на разрезе	Фарш хорошо перемешан, масса однородная с включением ингредиентов
Цвет, запах, вкус	Свойственные данному виду продукции, без посторонних запаха и привкуса

Оценка и сравнительный анализ пищевой ценности традиционных рубленых мясных полуфабрикатов (котлет) и полуфабрикатов с добавлением порошка из топинамбура представлены в табл. 7.

Таблица 7

**Пищевая ценность мясных рубленых полуфабрикатов (котлет) с добавлением порошка из топинамбура и традиционных полуфабрикатов (котлет)**

Показатель	Полуфабрикаты «Котлеты Домашние», производитель «Мираторг»	Проектируемые мясные полуфабрикаты (котлеты) быстрозамороженные с функциональной добавкой
Белки, г/100 г	16,4	12,5
Жиры, г/100 г	20,6	18,6
Углеводы, г/100 г.	7,5	3,5
В том числе инулин, г/100г	0	1,98
Энергетическая ценность, ккал/100г	281	231

Для определения массовой доли мышечной ткани в котлетах, использован ГОСТ Р 54704-2011 «Блоки из жилованного мяса замороженные. Общие технические условия». Содержание мышечной ткани составило 43,7%. По ГОСТ 32951-2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия» котлеты, с добавлением порошка из топинамбура являются мясными и относятся к категории В. Требования ГОСТ по содержанию белка и жира в мясных полуфабрикатах категории В имеют следующие значения: белок – не менее 10%, жир – не более 50%. Котлеты с добавлением порошка из топинамбура соответствуют этим требованиям [20], [21].

Для отнесения продукта питания к функциональному необходимо, чтобы содержание в нем функционального ингредиента составляло не менее 15% от суточной нормы потребления для человека. Для определения функциональности использованы данные по оптимальной суточной по-

требности организма в инулине, представленные в справочнике фармакологической компании Внешнеторг Фарма. Оптимальная норма инулина составляет 10 г [4].

В данном случае, содержание инулина в котлетах должно составлять не менее 1,5 г/100г.

В своей работе, Д.Ф. Кинэн, В.С. Рескони, Д.П. Керри, Р.М. Хэмилл определили, что термическая обработка не влияет на инулин, что говорит о том, что содержание инулина в котлетах после термической обработки изменится незначительно [9].

Влияние порошка из топинамбура, вносимого в котлеты, на их функциональность указана в таблице 8.

Таблица 8

### Биопотенциал разработанного продукта [6], [22], [23]

Показатель	Норма потребления в сутки	Содержание в продукте, 100 г	Степень удовлетворения суточной потребности, %
Инулин, г	10	1,98	19,8
Витамин В <sub>1</sub> , мг	1,5	0,80	53,3
Витамин В <sub>2</sub> , мг	1,8	0,80	44,4
Калий, г	1,0	0,30	30,0

Из таблицы 8 видно, что разработанные котлеты являются функциональными по содержанию в них инулина, витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, и по содержанию калия. Суточная норма потребления котлет составляет 100 г (1 котлета).

### Выводы

Показано, что инулин обладает свойством понижать уровень глюкозы в крови, это делает его функциональным ингредиентом для питания диабетиков.

Обоснована рецептура мясных рубленых быстрозамороженных полуфабрикатов с добавлением порошка из топинамбура, обеспечивающая функциональность разработанного продукта (котлет) по содержанию инулина.

Установлено, что внесение порошка из топинамбура в котлетный фарш способствует улучшению функционально-технических свойств и органолептических показателей мясного фарша для рубленых полуфабрикатов и качества готового продукта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пугающая статистика заболеваемости сахарным диабетом [Электронный ресурс]. URL: <https://diabetsite.ru/diabet/pugayushhaya-statistika-zabolevaemosti-saharnym-diabetom/> (дата обращения 1.07.2020).

2. В Калининградской области проживает 26 тысяч больных диабетом [Электронный ресурс]. URL: [https://klg.aif.ru/health/v\\_kaliningradskoy\\_oblasti\\_prozhivaet\\_26\\_tysyach\\_bolnyh\\_diabetom](https://klg.aif.ru/health/v_kaliningradskoy_oblasti_prozhivaet_26_tysyach_bolnyh_diabetom) (дата обращения: 1.07.2020).

3. Диабет. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (дата обращения: 8.07.20).

4. Инулин [электронный ресурс]. URL: <http://vitaport.ru/encyclopedia/vitamins/Inulin/> (дата обращения: 26.12.19).

5. Мельникова, В.А. Обоснование низкотемпературной холодильной обработки топинамбура в технологии производства функционального заменителя кофе на его основе: дисс... канд. техн. наук. – Калининград, 2016. – 203 с.

6. Веселова А. Ю. Нетрадиционное сырье в производстве хлебных палочек для больных сахарным диабетом // Вестник НГИЭИ – 2013. – № 8 [Электронный ресурс]. URL: <http://vestnik.ngiei.ru/wp-content/uploads/2014/12/Веселова-А.-Ю.1.pdf> (дата обращения: 30.04.20).

7. Ермош Л.Г. Использование муки топинамбура в технологии мясных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – Т.250. – № 8. – С. 214-219.

8. Зарубин Н.Ю. Перспективы использования муки из клубней топинамбура в технологии мясных продуктов/ Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Мясные технологии – 2017 [Электронный ресурс] URL: <http://www.mgupp.ru/repo/downloadFile.php?id=0x80DA000C299AE95F11E93C294CFD9B9C> (дата обращения: 8.07.20)
9. Keenan, D.F. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach / D.F. Keenan, V.C. Resconi, J.P. Kerry, R.M. Hamill // Meat Science. – 2014. – V. 96. – № 3. – P. 1384-1394.
10. Дементьева З.Н. Разработка ресурсосберегающих технологий булочных изделий повышенной пищевой ценности с использованием инулинсодержащего сырья: магистерская дис. ... магистр. – Красноярск, 2016. – 40 с.
11. Полянский К.К. Использование топинамбура в молочных продуктах/ К.К. Полянский, В.В. Котов, Е.С. Гасанова, А.Н. Пономарев, С.Г. Шереметова // Пищевая промышленность – 2008 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-topinambura-v-molochnyh-produktah/viewer> (дата обращения: 5.03.19).
12. Вьютнова О.М., Новикова И.А. Химический состав корнеплодов цикория // Овощи России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vegetables.su/jour/article/view/694/566> (дата обращения: 13.07.20).
13. Мазнев Н.И. Лекарственные растения 15000 наименований лекарственных растений, сборов и рецептов / Н.И. Мазнев. – М.: Дом. XXI, 2006. – 1056 с.
14. Рыбкина Е.И., Фитохимическая и фармакологическая характеристика чеснока посевного (ALLIUM. L)/ Е.И. Рыбкина, К.А. Чуйкова // Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015016136> (дата обращения: 3.07.2020).
15. Кочнев Н.К. Лечебно-диетические свойства топинамбура / Н.К. Кочнев, Л.А. Решетняк // Сибирский медицинский журнал. – 1997. – Т. 1000. – № 4 – С. 6-11.
16. Исследование углеводного комплекса нескольких сортов топинамбура, районированных в Краснодарском крае и республике Адыгея / Р.И. Екутеч, Р.И. Шаззо, Г.А. Купин, В.В. Кондратенко, Р.С. Шаззо // Доклад международной научно-практ. конф. Олимпиада 2014: технологические и экологические аспекты производства продуктов здорового питания, г. Краснодар, 1-3 июня. 2009. – С. 98-100.
17. Алтуньян М.К. Влияние режимов сушки на содержание инулина в сухом топинамбуре/ М.К. Алтуньян, Н.И. Слепокурова, А.Б. Лебедев, М.В. Некрасова // CyberLeninka электронный научный журнал. – 2007 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rezhimov-sushki-na-soderzhanie-inulina-v-suhom-topinambure> (дата обращения: 12.02.19).
18. Муравьева, Н.А. Использование инулинсодержащего сырья в качестве добавки в мясные эмульгированные продукты для людей, страдающих сахарным диабетом Н.А. Муравьева, Л.С. Байдалинова // Вестник молодежной науки. – 2019. – №4 [Электронный ресурс]. URL: <http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2019/12/Muraveva-421.pdf> (дата обращения: 15.05.20).
19. Хатко З.Н. Влияние гидратации пектинов на внутреннее трение и вязкость их водных растворов / З.Н. Хатко, С.А. Титов, И.А. Саранов, И.Н. Корышева, А.А. Ашинова, Е.М. Колодина // Новые технологии – 2019 – №3 [Электронный ресурс]. URL: <https://newtechology.mkggtu.ru/jour/article/view/320/315> (дата обращения: 7.07.20)
20. ГОСТ Р 54704-2011 Блоки из жилованного мяса замороженные. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2012. – 20 с.
21. ГОСТ 32951-2014 Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2015. – 20 с.
22. Винникова Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов/Л. Г. Винникова. – К.: Фирма «Инкос» 2006. – 600с.
23. Скурихин И.М. Химический состав российских пищевых продуктов/И.М. . Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.



# **USE OF THE POWDER OF JERUSALEM ARTICHOKE IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF MINCED MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS**

Muraviova Natalia Alexandrovna, Bachelor  
Baydalinova Larisa Stepanovna, Professor, Cand. tech. Sciences, docent

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,  
e-mail: natahlie98@gmail.com; larisa.baydalinova@klgtu.ru

*The article describes the alarming situation with diabetes in the world and Russia. Symptoms of type II diabetes are described. The positive effect of inulin on the body of patients with diabetes mellitus was noted. The introduction of inulin contained in Jerusalem artichoke powder into mass-consumption products is proposed. A group of minced meat semi-finished products – cutlets-was selected as the enriched product. The recipe of minced meat semi-finished products is optimized by mathematical modeling. The functionality of the developed product enriched with inulin is shown.*

УДК 664.38; 796/799

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ БАТОНЧИКОВ-СНЕКОВ ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНОГО ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ**

Некрасова Юлия Олеговна, бакалавр  
Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: yulya.nekrasova.1998@mail.ru; mezenova@klgtu.ru

*Исследована возможность использования в составе батончиков-снеков для спортивного питания протеиновых гидролизатов из вторичного копченого рыбного сырья и яблочных выжимок. Описана технология нового протеинового продукта. Методами математического моделирования оптимизирована дозировка протеинового рыбного гидролизата и продолжительность подсушивания батончика-снека. Разработана рецептура, исследованы органолептические и физико-химические показатели качества готового продукта.*

Питание является важным компонентом любой программы физической подготовки. Основной целью для активных людей является получение адекватного питания для оптимизации физической формы и повышения спортивных результатов. Спортивное питание должно включать достаточное количество углеводов при умеренном энергетическом балансе, а также удовлетворение потребностей в белках. Хорошее питание помогает интенсивно тренироваться, а также в восстановлении мышц и метаболической адаптации к упражнениям на выносливость. Достаточное количество энергии должно быть получено из широкого спектра доступных продуктов, которые содержат углеводы, белки, жиры и микроэлементы [1].

Прежде всего, специализированное питание, в особенности спортивное, является одним из главных условий обеспечения высокой работоспособности. Сбалансированное питание обеспечивает организм необходимой энергией, пластическим материалом, важными биологически активными веществами, которые впоследствии расходуются на переваривание и усвоение пищи, осуще-

ствление всей функций и биохимических процессов, а также выполнение мышцами механической работы [2].

Но продукты спортивного назначения предназначены не только для профессиональных спортсменов или для людей, активно занимающихся спортом, но и для обычных людей, так как благодаря специализированным продуктам можно вносить коррективы в свой рацион, компенсировать нехватку полезных веществ, таких как витамины, минеральные компоненты, пищевые волокна, а также способствовать профилактике болезней [3].

В настоящее время спортивное питание относят в категории биологически активных добавок (БАД), так как оно является дополнением к основному рациону, состоящему из обычных продуктов. Но БАДы рекомендуется потреблять не только профессиональным спортсменам, но и тем людям, которые стремятся вести активный и здоровый образ жизни [3].

Согласно рекомендуемой диетической норме (РДН), общая потребность в белке для человека составляет 0,8 г/кг массы тела в день. Этого требования вполне достаточно для общей физической подготовки и может быть несколько повышено до 1,0 г/кг массы тела в сутки. Общие рекомендации МОК по белку для спортсменов составляют 1,3-1,8 г/кг массы тела и 1,6-1,7 г/кг массы тела в день для спортсменов. МОК рекомендует оптимизировать состав тела в пользу потери жира и увеличения мышечной массы путем снижения ежедневного потребления углеводов (3-4 г / кг массы тела в день) и увеличения ежедневного потребления белка (1,8-2,7 г/кг массы тела в день), при соблюдении гипоэнергетической диеты и определенной программы тренировок [4].

Помимо белка в спортивном питании важны углеводы, как основной источник энергии для нашего организма. В особенности при повышенных физических нагрузках в питании важны сложные углеводы, так как они медленно всасываются и способны длительное время поддерживать силы организма на определенном уровне. Помимо этого, такие углеводы отличаются пониженным гликемическим индексом и, как следствие, не вызывают роста содержания инсулина в крови [5].

К сложным углеводам относятся полисахариды: гликоген, модифицированный крахмал, хитин, декстрин, глюкоманнан, целлюлоза. Они являются полимолекулярными системами, в своем составе содержат до несколько тысяч моносахаридов. В особенности такими углеводами богаты яблоки, а именно яблочный жмых. Между тем, яблочные выжимки служат богатым источником биологически активных веществ - витаминов С, Р, Е, р-каротина, тритерпеновых соединений, витаминов группы В, минеральных элементов (в основном минеральные компоненты локализуются в яблочных выжимках, поэтому данное сырье является ценным их источником), пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ [6]. В разрабатываемом продукте – батончике-снеке – яблочный жмых используется как альтернатива яблочному пюре, которое используется в традиционных протеиновых батончиках.

В спортивном питании белок часто используется в выделенном виде, часто в порошкообразном состоянии. Он может быть введен в состав сложных напитков (например, протеиновые коктейли) или в рецептуры популярных продуктов питания (например, печенье, батончики, сосисы). В спортивном питании применяют несколько видов протеинов: сывороточный (из молочной сыворотки), казеин (белки молока); гидролизат (имеют в своем составе аминокислоты и низкомолекулярные пептиды); соевый (растительный белок, популярен среди веганов и вегетарианцев); яичный (имеет в составе большое количество углеводов). Наибольшее применение нашли белки молочной сыворотки, изоляты молочного белка и соевые белки.

Помимо гидролизатов, которые получают из животного сырья, в спортивном питании важны биологически активные компоненты, которые, в основном, содержатся в растительном сырье. Перспективным растительным сырьем на сегодняшний день являются семена льна за счет своего химического состава и уникального набора биологически активных веществ. Льняное семя содержит много биологически активных соединений, включая лигнаны, циклические пептиды, цианогенные гликозиды, белки льна, а также растворимые и нерастворимые волокна, витамины, минеральные компоненты. Обычно льняное семя содержит от 42 до 46% жира, 28% пищевых волокон, 21% белка, 4% золы и 6% углеводов. Льняное масло имеет богатый профиль жирных кислот, с низким уровнем (приблизительно 9%) насыщенных жиров, умеренным уровнем (18%) мононенасыщенных жиров и высокой концентрацией (73%) полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) [7, 8].

Семя льна - это природный ингредиент, богатый незаменимыми аминокислотами, которые не синтезируются в организме и являются очень важными для здоровья человека. Белок семени отличается содержанием всех незаменимых аминокислот, среди которых наибольшим содержанием отличается валин, изолейцин, лизин [8]. Семена льна используются в составе проектируемого батончика – снека в качестве диетической добавки.

В качестве дополнительного источника растительного белка, а также ценных жировых компонентов в проектируемом продукте используются кедровые орехи. Кедровые орехи являются хорошим источником питательных веществ. Семена сибирской кедровой сосны имеют в своем составе 5,6% влаги, 31,1% белка, 47,4% жира, 10,7% углеводов и 4,3% золы. [9].

Белки ядра кедрового ореха представлены альбуминами, глобулинами и глютелинами: 39,35 и 20 % соответственно. Также белок кедрового ореха по усвояемости не уступает белку куриного яйца и составляет – 95% [10]. Белок ядра кедрового ореха содержат 19 аминокислот и характеризуются высоким содержанием незаменимых аминокислот. Также отмечается повышенное содержание многих заменимых аминокислот, в том числе аланина, аргинина и тирозина, являющихся ключевыми участниками многих обменных процессов и относящихся к заменимым лишь условно, так как в достаточной степени организмом человека они не синтезируются [9].

Перспективным сырьем для получения протеиновых пищевых добавок, которые в дальнейшем могут быть использованы в составе продуктов специализированного назначения, является вторичное рыбное сырье, богатое полноценным белком. В рыбном производстве остается до 40-60% от массы сырья отходов, которые включают головы, хребты, чешую, кости, богатых натуральным белком [11]. Перспективным направлением является переработка данного вида сырья в специализированные продукты питания, которые в своем составе содержат полноценный белок и другие необходимые организму вещества. В Калининградской области остро стоит о недоиспользуемости биопотенциала данного сырья, в особенности копченого производства. Протеины такого сырья находятся в комплексе с липидной и минеральной фракциями, содержат ценные аминокислоты [12].

В КГТУ на кафедре пищевой биотехнологии ведутся исследования по получению добавок протеинового, липидного, минерализованного и смешанного органического состава из голов копченой кильки путем высокотемпературного гидротермолиза с применением протеолитических ферментов. Полученный протеиновый гидролизат отличается высоким содержанием белка (до 80%) и может найти применение в специализированном спортивном питании [12].

Протеиновый батончик-снек изготавливается по следующей разработанной технологии:

- Прием вторичного яблочного сырья, протеинового гидролизата и вспомогательных компонентов (кедровых орех, семена льна, соль пищевая, куриное яйцо);
  - Промывание и протирание яблочных выжимок;
  - Дробление кедрового ореха;
  - Смешивание компонентов;
  - Формование батончика-снека;
  - Подсушивание с последующим охлаждением;
  - Упаковывание, маркирование и реализация готовой продукции.

Установление оптимальных параметров процесса производства протеинового батончика-снека для спортивного питания осуществляли с использованием ОЦКП 2 порядка. Частными факторами являются дозировка протеинового гидролизата в г к массе батончика-снека и продолжительность подсушивания батончика-снека в мин. Значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования представлены в таблице 1.

### Изменяемые факторы, их интервалы и пределы варьирования

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, $\Delta X$
	-1	0	+1	
Дозировка протеинового гидролизата $W_{гидр}(X_1)$ , г к массе батончика	4	6	8	2,0
Продолжительность подсушивания $W_{подс}(X_2)$ , мин	15	20	25	5,0

Параметром оптимизации был выбран безразмерный обобщённый показатель «Y», в состав которого вошли частные отклики: органолептическая оценка, массовая доля влаги и массовая доля белка, представленные в виде «идеальных» числовых значениях в таблице 2. Совокупность данных откликов даёт целостную характеристику влияния изменяемых факторов на приготовление продукта.

Таблица 2

### Частные отклики и их «идеальные» значения

Наименование отклика	Размерность	Идеальное значение
Органолептическая оценка	Балл	20
Массовая доля влаги	%	10
Массовая доля белка	%	75

Оптимизацию процесса производства протеинового батончика-снека проводили с помощью ОЦКП второго порядка. План эксперимента по оптимизации процесса изготовления протеинового батончика-снека для спортивного питания представлен в таблице 3.

Таблица 3

### План эксперимента изготовления протеинового батончика-снека для спортивного питания

№	План эксперимента		Частные отклики			Частные безразмерные отклики			Y	Y <sub>i</sub>	$(\bar{Y} - Y_i)^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
	$W_{гидр}(X_1)$ , % к массе сырья	$W_{подс}(X_2)$ , мин	Органолептическая оценка, балл	Массовая доля влаги, %	Массовая доля белка, %	$S^2_{орг.оц}$	$S^2_{масс.доля\ влаги}$	$S^2_{масс.доля\ белка}$				
1	8	25	15,8	5,3	79,1	0,0441	0,2209	0,0029	0,2679	0,7086	0,1942	2,6974
2	4	25	14,2	6,4	69,8	0,0841	0,1296	0,0048	0,2185	0,6400	0,1776	2,7522
3	8	15	11,8	14,6	78,7	0,1681	0,2116	0,0024	0,3821	0,7592	0,1422	2,8709
4	4	15	14,6	16,9	66,3	0,0729	0,4761	0,0134	0,5624	0,9202	0,1280	2,9193
5	8	20	17,8	13,8	77,2	0,0121	0,1444	0,0009	0,1574	0,7339	0,3323	2,2629
6	4	20	13,8	12,4	66,8	0,0961	0,0576	0,0119	0,1656	0,7801	0,3776	2,1286
7	6	25	18,6	8,7	76,3	0,0049	0,0169	0,0003	0,0221	0,6743	0,4253	1,9917
8	6	15	16,9	11,9	73,4	0,0240	0,0361	0,0005	0,0606	0,8437	0,6132	1,4967
9	6	20	20,0	10,0	75,0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,204	0,0416	3,222
-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\sum Y = \bar{y} = 1,84$	-	$\sum = 2,4$	$\sum = 22,3$

Далее, вычислив независимые коэффициенты, получают математическое уравнение, которое адекватно описывает функцию отклика с заданными значениями уровней факторов, а также является уравнением с кодированными значениями уровней факторов:

Уравнение с кодированными значениями уровней факторов:

$$y = 0,204 - 0,0231x_1 - 0,0827x_2 + 0,0574x_1x_2 + 0,264x_1^2 + 0,289x_2^2$$

Исходя из уравнения с кодированными значениями уровней факторов, установили, что несколько более высокие значения второго фактора ( $x_2$ ) - продолжительности подсушивания - свидетельствуют о большем влиянии на качество батончика-снека, чем дозировка протеинового гидролизата. Это объясняется тем, что важно не пересушить или недосушить продукт, чтобы добиться высокой биологической ценности и оптимальных органолептических показателей.

Для проверки адекватности полученной модели рассчитывают критерий Фишера и коэффициент детерминации.

Табличное значение критерия Фишера при доверительной вероятности 95%  $F_{\text{табл}} = 3,18$ . Расчетное значение критерия Фишера находим по формуле 1 и дисперсию адекватности по формуле 2:

$$F_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{y^2}}, \text{ где} \quad 1)$$

$S_{\text{ад}}^2$  – дисперсия адекватности;  
 $S_{y^2}$  - дисперсия оптимизации.

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_1^9 (\tilde{Y} - Y_i)^2}{f}, \text{ где} \quad 2)$$

$f$  – число степеней свободы,  $f = N - (k+1)$ , где

$N$  – количество опытов,

$k$  – число факторов.

$$f = 9 - (2+1) = 6.$$

Расчетный критерий Фишера равен:

$$F_{\text{расч}} = \frac{2,423}{1000 \cdot 6} = 0,0004$$

Таким образом,  $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$  при  $P=95\%$ , что говорит об адекватности модели.

Другим коэффициентом, который также показывает адекватность модели, служит коэффициент детерминации  $R$ . Данный показатель является статистической мерой согласия, с помощью которой можно определить, насколько уравнение регрессии соответствует реальным данным. Рассчитывают коэффициент по формуле 3.

Коэффициент детерминации изменяется в диапазоне от 0 до 1. При значении коэффициента близком к 0 делается вывод о том, что связь между переменными отсутствует. Но коэффициент детерминации близкий к 1 свидетельствует об идеальной модели.

Рассчитывают коэффициент по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (\tilde{Y} - Y_i)^2}{\sum (\tilde{Y} - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{2,432}{22,3417} = 0,8912 \quad (3)$$

$$R = 0,94$$

Таким образом, коэффициент детерминации близок к 1, что также говорит об адекватности модели.

Далее необходимо рассчитать значения, выраженные через натуральные величины, после чего подставить их в полученное ранее кодированное уравнение и преобразовать. После этого получим математическое уравнение с натуральными значениями уровней факторов.

Уравнение с натуральными значениями уровней факторов:

$$y = 0,0661\omega_{\text{гидр}}^2 + 0,0115\omega_{\text{подс}}^2 + 0,0057\omega_{\text{гидр}}\omega_{\text{подс}} - 0,9201\omega_{\text{гидр}} - 0,5133\omega_{\text{подс}} + 8,2983$$

где  $\omega_{\text{гидр}}, \omega_{\text{подс}}$  – натуральные значения уровней факторов.

Далее, математически преобразовав полученное уравнение в натуральном виде, нашли оптимальные значения факторов: дозировка протеинового гидролизата ( $\omega_{\text{гидр}}$ ) составляет – 6 г к массе одного батончика-снека (на 20 г), или 30% от массы продукта, а продолжительность подсушивания ( $\omega_{\text{подс}}$ ) – 20,7 мин.

На основе полученных зависимостей была построена геометрическая модель оптимизации производства протеинового батончика-снека для спортивного питания (рисунок 1).

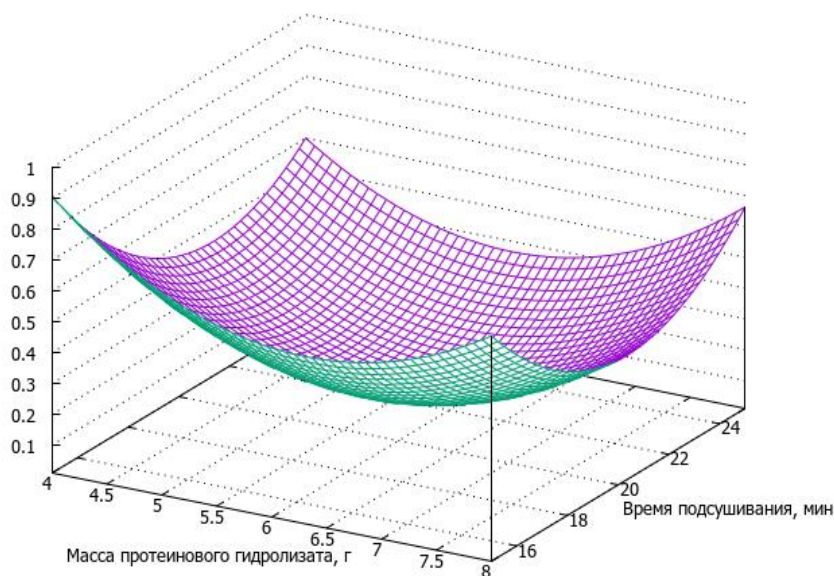


Рис.. 1 – Геометрическая модель оптимизации производства протеинового батончика-снека для спортивного питания

На основании полученных в результате математического моделирования данных предложена итоговая рецептура батончика-снека, предназначенного для спортивного питания (табл. 4):

Таблица 4

**Рецептура протеинового батончика-снека, предназначенного для спортивного питания**

Ингредиент	Количество, кг/100 кг
Протеиновый гидролизат	30
Яйцо куриное	30
Яблочных жмых	25
Семена льна	4,2
Кедровый орех	10
Соль пищевая	0,8

Семена льна и кедровый орех служат дополнительным источником белка, биологически активных веществ, таких как витамины, минералы, полиненасыщенные жирные кислоты. Куриные яйца используются в качестве натурального источника эмульгатора – лецитина, который помогает сформировать необходимую консистенцию изделия. В качестве вкусового компонента используется соль пищевая.

Органолептические показатели и профилограммы органолептических характеристик готового продукта приведены в таблице 5 и на рисунке 2 соответственно:

### Органолептические показатели протеинового батончика-снека

Наименование показателя	Характеристика
Вкус	В меру соленый, без посторонних привкусов, приятный, сбалансированный, характерный для данного вида продукта
Запах	Выраженный, приятный, приятный, без посторонних оттенков, сбалансированный
Внешний вид	Поверхность чистая, без наружных повреждений, правильная, соответствующая данному виду продукта, прямоугольная, плоская форма, без выпуклостей
Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого, однородный, без видимых включений
Консистенция	Плотная, упругая, хрустящая
Вид на срезе	Структура однородная, компоненты плотно прилегают друг к другу

Как видно из рисунка 2, вкус и запах продукта в большей степени соответствуют вкусовым оттенкам внесенного протеинового гидролизата, полученного из вторичного рыбного сырья:

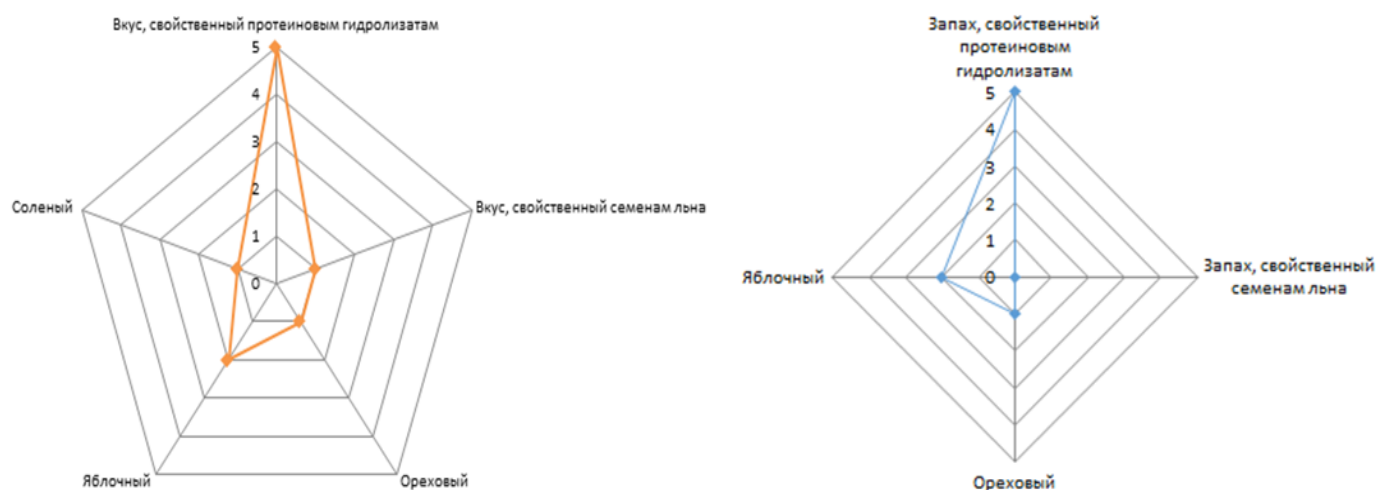


Рис. 2 – Профилограммы вкуса и запаха протеинового батончика-снека

Физико-химические показатели готового продукта приведены в таблице 6:

Таблица 6

### Физико-химические показатели протеинового батончика-снека, на 100 г продукта

Наименование показателя	Норма
Массовая доля белка, % не менее	33
Массовая доля балластных веществ, % не менее	4
Массовая доля жира, % не более	10
Содержание витамин С, мг не менее	5
Кислотность ( в пересчете на яблочную кислоту), % не мене	0,2
Массовая доля соли, % не более	0,8
Массовая доля воды, % не более	10

Полученный белковый продукт, содержащий ценные аминокислоты, липиды, пищевые волокна, витамины и минеральные вещества, рекомендуется употреблять всем категориям населения, в том числе людям, которые занимаются спортом или ведут активный образ жизни. Белок

протеинового батончика-снека являются полноценным по содержанию всех незаменимых аминокислот, необходимых как растущим организмам, так и динамично живущим людям для пластических целей и компенсации энергетических затрат. Рекомендуемая суточная доза батончика-снека – 80 - 100 г (по 4-5 штук, т.к. каждый батончик-сnek имеет массу 20 г) в качестве перекуса до или после тренировки или активной деятельности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана актуальность разработки продуктов спортивного питания в виде протеиновых батончиков-снеков. Обосновано применение протеиновых гидролизатов из вторичного копченого рыбного сырья и яблочного жмыха в специализированных спортивных пищевых продуктах.

Разработана технологическая схема производства батончиков-снеков, включающая следующие операции: прием сырья и вспомогательных компонентов, промывание и протирание яблочных выжимок, дробление кедрового ореха, смешивание компонентов, формование батончиков, подсушивание, охлаждение, упаковывание, маркирование и реализация готовой продукции.

С помощью математического планирования эксперимента определена оптимальная дозировка протеинового гидролизата, которая составила 6 г на 20 г батончика, и продолжительность подсушивания – 20,7 мин.

Разработана рецептура протеинового батончика-снека, приведены органолептические, исследованы и приведены физико-химические показатели качества готового продукта и даны рекомендации по его употреблению.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сбитнева О.А. Роль питания при повышенных физическим нагрузкам спортсменов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. - №1. – С. 81-83.
2. Майоров С.Б. Влияние спортивного питания на достижения спортсменов // Наука-2020. – 2018. - №5(21). – С. 32-36.
3. Лозовик Д.С. Элемент здорового образа жизни – спортивное питание // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2015. - №3. – С. 54-55.
4. Худяков М.С. Компонентный состав протеинов // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2014. - №1(18). – С. 118-119.
5. Специализированные пищевые продукты с модифицированным углеводным профилем / Х.Х. Шарафетдинов, О.А. Плотникова, А.М. Назарова, О.В. Кондратьева // Вопросы питания. – 2017. - №6. – С.56-66.
6. Чалдаев П.А., Свечников А.Ю. Применение яблочных выжимок для производства продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2014. - №4. – С. 40-41.
7. Береди́на Л.С., Воронова Н.С. Исследование белкового комплекса семян льна // Инновационная наука. – 2015. - №7. – С. 8 – 11.
8. Зубцов В.А., Лебедева Л.Л. Льняное семя, его состав и свойства // Российский химический журнал, МГУ. – 2002. - №2. – С. 14 – 16.
9. Канарейкин В.И., Ребезов М.Б., Бикбова Р.А. Новый функциональный молочно-растительный йогурт // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2016. – С. 255 – 260.
10. Егорова Е.Ю., Позняковский В.М. Пищевая ценность кедровых орехов Дальнего Востока // Известия ВУЗов. Пищевая технология. - №4. – 2010. – С. 21 – 24.
11. Байдалинова Л.С. Биотехнология морепродуктов: учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. завед. / Л.С. Байдалинова [и др.]. – Москва: МИР, 2006. – 560 с.
12. Обоснование рациональности параметром комплексной переработки вторичного сырья шпротных производств с применением метода высокотемпературного гидролиза / О.Я. Мезенова, Л.С. Байдалинова, Н.Ю. Мезенова, С.В. Агафонова, Е.А. Казимирова, В. И. Шендерюк // Известия ТИНРО, Том 200. – 2020. - № 1. – С. 210 – 220.



# MODELING AND OPTIMIZATION OF THE RECIPE OF BAR-SNACKS FOR SPORTS NUTRITION USING SECONDARY FOOD RAW MATERIALS

Nekrasova Yuliia Olegovna, Bachelor  
Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: yulya.nekrasova.1998@mail.ru; mezenova@klgtu.ru

*The possibility of using protein hydrolysates from secondary smoked fish raw materials and apple pomace in the composition of bar-snacks for sports nutrition is investigated. The technology of a new protein product is described. The dosage of fish protein hydrolysate and the duration of drying of the bar-snack were optimized using mathematical modeling methods. The recipe was developed, organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of the finished product were studied.*

УДК 664.859.2

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ЯБЛОЧНОГО СЫРЬЯ

Нигматуллина Идалия Маратовна, студент кафедры пищевой биотехнологии  
Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

*Исследован физико-химический состав вторичного яблочного сырья, образующегося при производстве соков, установлены массовые доли воды, золы, пектиновых веществ, клетчатки. Обоснована эффективность применения ферментативного гидролиза с ферментным препаратом Viscozyme L для получения пищевого яблочного пюре. С помощью метода математического моделирования проведена оптимизация процесса ферментативного гидролиза сырья, установлены оптимальные количества вносимого ферментного препарата (0,188 %), лимонной кислоты (21,95 г) и яблочных выжимок (80,77 г).*

### Введение

Успехи развития пищевой биотехнологии позволяют решать проблемы переработки вторичного сырья на производствах пищевой промышленности. Часто данное сырье утилизируется из-за отсутствия технологий, способных осуществить введение рециклинга на производстве или получить новый побочный продукт, способный конкурировать на рынке. Биотехнологическая переработка вторичного сырья может обеспечить выпуск дополнительной продукции, что приведёт к снижению издержек производства и расширению ассортимента выпускаемой продукции с сохранением пищевых свойств сырья.

Разработка подобных технологий переработки вторичного сырья является актуальной для каждого предприятия, в том числе при переработке растительного сырья. Так, большое количество отходов образуется при производстве соковой продукции, в особенности из яблочного сырья. В результате последовательных операций, после дробления яблок и прессования полученной мезги, образуются яблочные выжимки. Остатки при производстве яблочного сока составляют от 27 до 40

% от массы яблок в зависимости от используемой технологии на производстве. По морфологическому составу части яблочных выжимок неоднородны (рисунок 1). В процентном соотношении преобладают мякоть и кожица яблок, которые составляют наиболее ценную часть [1, 2].

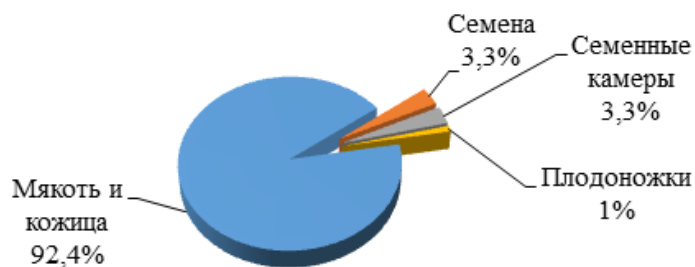


Рис. 1. Морфологический состав яблочных выжимок

Дальнейшее использование выжимок затруднено, поскольку они содержат значительное количество непищевых примесей. Скармливание их сельскохозяйственным животным также нежелательно по причине высокой кислотности, отрицательно влияющей на обмен веществ [3].

Для снижения содержания в яблочных выжимках непищевых веществ и облегчения их дальнейшей переработки рационально использовать гидролиз. Гидролитическая деструкция клеточных стенок вторичного яблочного сырья позволяет получить пюре, а также повысить извлечение полезных веществ. Для достижения этой цели целесообразно использование ферментативного комплекса, имеющего активность в отношении полисахаридов сырья. Прежде всего, это комплексы целлюлолитических ферментов, одновременно и последовательно воздействующих на полисахариды.

### Объекты и методы исследований

В яблочных выжимках содержание воды и сухих веществ исследовали при высушивании навески в сушильном шкафу (температура 100-103 °С) до постоянной массы, золы – сжиганием навески в муфельной печи (температура 650 °С). Для установления количества клетчатки проводили кислотный и щелочной гидролиз растворимых углеводов, после чего выделяли и отмывали нерастворимый осадок клетчатки, высушивали и определяли его массу. Содержание пектиновых веществ определяли по методу Мелитца.

Исследовали выход яблочного пюре при различных способах воздействия на вторичное яблочное сырье: ферментативный гидролиз, кислотный гидролиз, термическая обработка (таблица 1). Все эксперименты осуществляли в кислой среде (рН=4,0).

Таблица 1

### Условия гидролиза вторичного яблочного сырья

№ эксперимента	Температура, °С	Дозировка ферментного препарата
1	45	0,188 %
2	45	-
3	90	-

Для гидролиза углеводов вторичного яблочного сырья был выбран ферментный препарат Viscozyme L (Novozymes, Дания). Данный препарат является мультиферментным комплексом, содержащим карбогидразы: арабиназу, целлюлазу, β-глюканазу, гемицеллюлазу, ксиланазу и мананазу. Ферментный препарат имеет высокую активность к гемицеллюлозам и целлюлозам, а также содержит фермент рамногалактуроназу, активную в отношении разветвленного пектина – рамно-

галактуронана. При действии данного комплекса наблюдается синергизм, который объясняется последовательностью действия ферментов при гидролизе [4,5]. Эффективность данного ферментного препарата при переработке вторичного яблочного сырья была показана ранее [6].

После проведения гидролиза массу протирали через сито с диаметром отверстий 1мм. Определяли выход яблочного пюре относительно массы яблочных выжимок. Отмечали вкус и запах в полученных образцах пюре.

Оптимизацию процесса ферментативного гидролиза осуществляли методом математического моделирования с применением ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для трех факторов [7]. Выбор трехфакторного эксперимента обусловлен необходимостью объективности суждений, так как каждый из выбранных факторов непосредственно оказывает влияние на качественные и количественные показатели получаемого полуфабриката – яблочного пюре.

При реализации плана варьировали содержание следующих компонентов: яблочных выжимок (г), раствора лимонной кислоты (г) и ферментного препарата (% к общей массе) (таблица 2).

Таблица 2

### Изменяемые факторы при оптимизации гидролиза яблочных выжимок

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	Нижний, -1	Основной, 0	Верхний, +1	
Содержание яблочных выжимок $M_{\text{яв}}$ , г	75	80	85	5
Содержание раствора лимонной кислоты $M_{\text{рлк}}$ , г	10	20	30	10
Содержание ферментного препарата $M_{\text{фп}}$ , %	0,1	0,15	0,2	0,05

В качестве частных откликов были выбраны: содержание сухих веществ в жидкой фазе (СВ, %), выход яблочного пюре (ВЯП, %) и органолептическая оценка полученного пюре (О, баллы). В качестве параметра оптимизации выбран обобщенный безразмерный параметр оптимизации, который был получен в результате расчета с применением частных откликов методом «приближения к идеалу» (таблица 3). «Идеальные» значения частных откликов были установлены в предварительных экспериментах.

Таблица 3

### Частные отклики и их «идеальные значения»

Наименование частного отклика	Размерность измерения	«Идеальное» значения частного отклика
Содержание сухих веществ (СВ)	%	14,02
Выход яблочного пюре (ВЯП)	%	70,39
Органолептическая оценка (О)	Баллы	10

### Результаты исследований

Результаты исследования физико-химических показателей выжимок представлены в таблице 4.

Таблица 4

### Химический состав яблочных выжимок, %

Показатель	Содержание
Массовая доля влаги	80,20
Массовая доля сухих веществ	19,80
Массовая доля золы	0,56
Массовая доля пектиновых веществ	1,91
Массовая доля клетчатки	4,95

Выход яблочного пюре и количество образующихся отходов при различных способах гидролиза яблочных выжимок представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Выход яблочного пюре и количество образующихся отходов при различных способах гидролиза**

№ эксперимента	Способ обработки сырья	Выход яблочного пюре, %	Количество отходов, %
1	Ферментативный гидролиз	68	32
2	Кислотный гидролиз	44	56
3	Кислотно-термический гидролиз	48	52

Из результатов, представленных в таблице 5, видно, что наибольший выход пюре отмечен при ферментативном гидролизе вторичного сырья. Выход пюре в этом случае составил 68 %, что на 20 и 24 % больше, чем при кислотно-термическом и кислотном гидролизе соответственно. При ферментативном гидролизе образуется меньше отходов, которые отличаются низкой влажностью и отсутствием мякоти в массе. Больше мякоти, не перешедшей в пюре, наблюдается при кислотно-термическом и кислотном гидролизе.

В образце № 1 также отмечались более насыщенные вкус и запах, свойственные яблочному соку, а также более сладкий привкус за счет повышения содержания сахаров в готовом продукте в результате разрушения высокомолекулярных полисахаридов. В образцах № 2 и 3 вкус и запах оказались менее выражены. Для повышения выхода яблочного пюре без использования ферментного препарата, необходимо внесение большего количества жидкости для набухания жмыха, что приведет к снижению содержания сухих веществ в полуфабрикате. Полученные данные позволяют рекомендовать применение ферментативного гидролиза для получения полуфабриката – яблочного пюре.

Матрица и план эксперимента при оптимизации условий процесса ферментативного гидролиза яблочных выжимок с целью получения яблочного пюре представлены в таблице 6.

Таблица 6

**План эксперимента по моделированию и оптимизации условий процесса гидролиза яблочных выжимок и результаты его реализации**

№ п/п	План эксперимента			Частные отклики			Частные безразмерные отклики			Обобщенный параметр оптимизации Y
	M <sub>яв</sub> , Г	M <sub>рлк</sub> , Г	M <sub>фп</sub> , %	СВ, %	ВЯП, %	О, баллы	S <sub>св</sub> <sup>2</sup>	S <sub>ВЯП</sub> <sup>2</sup>	S <sub>о</sub> <sup>2</sup>	
1	85	30	0,2	11,56	69,82	7,0	0,03092	0,00007	0,09000	0,12098
2	75	30	0,2	11,55	70,39	7,0	0,03117	0,00000	0,09000	0,12117
3	85	10	0,2	13,99	50,83	5,0	0,00000	0,07722	0,25000	0,32722
4	75	10	0,2	14,02	53,91	5,0	0,00000	0,05481	0,25000	0,30481
5	85	30	0,1	11,74	61,82	7,0	0,02648	0,01482	0,09000	0,13130
6	75	30	0,1	11,37	66,50	6,0	0,03585	0,00305	0,16000	0,19891
7	85	10	0,1	13,84	41,40	6,0	0,00017	0,16962	0,16000	0,32979
8	75	10	0,1	13,98	46,00	6,0	0,00001	0,12006	0,16000	0,28007
9	86,075	20	0,15	12,97	60,65	8,0	0,00559	0,01915	0,04000	0,06474
10	73,925	20	0,15	12,63	68,95	8,0	0,00990	0,00042	0,04000	0,05032
11	80	32,15	0,15	11,43	70,02	8,0	0,03431	0,00003	0,04000	0,07434
12	80	7,85	0,15	13,98	43,39	6,0	0,00001	0,14713	0,16000	0,30714
13	80	20	0,211	12,97	68,90	9,0	0,00567	0,00045	0,01000	0,01612
14	80	20	0,0893	12,68	54,22	8,0	0,00917	0,05277	0,04000	0,10194
15	80	20	0,15	12,81	68,50	10,0	0,00746	0,00072	0,00000	0,00818

Сравнительный анализ таблицы показал, что для благоприятных условий протекания гидролиза оптимальными являются содержание яблочных выжимок – 80 г, раствора лимонной кислоты – 20 г, ферментного препарата – 0,15 %, о чем свидетельствует величина обобщенного параметра оптимизации – 0,00818. Минимальные значения параметра показывают на благоприятные условия гидролиза при данных факторах. Так же близки к оптимальным значениям условия 10-ого и 13-ого опытов – 0,01612 и 0,05032 соответственно.

В результате вычисления коэффициентов математической регрессии была получена математическая модель условий процесса ферментативного гидролиза яблочных выжимок в кодированном виде:

$$y = -0,00704 + 0,0020X_1 - 0,0870X_2 - 0,0155X_3 - 0,0175X_1X_2 + 0,0050X_1X_3 - 0,0138X_2X_3 + 0,0470X_1^2 + 0,1372X_2^2 + 0,0480X_3^2$$

Математическая обработка данных позволила установить искомые значения изменяемых факторов:

- содержание яблочных выжимок  $M_{яв} = 80,77$  г;
- содержание раствора лимонной кислоты  $M_{рлк} = 21,95$  г;
- содержание ферментного препарата  $M_{фп} = 0,188$  % к общей массе сырья;

На рисунках 2, 3 представлены графики поверхностей, иллюстрирующие оптимизацию процесса ферментативного гидролиза вторичного яблочного сырья.

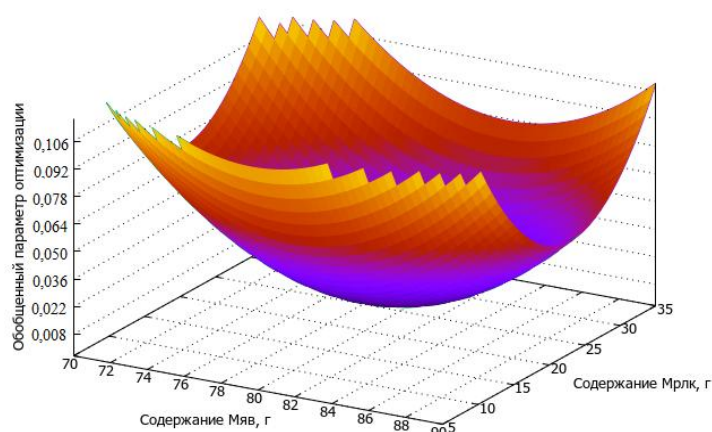


Рис. 2. Графическая интерпретация оптимизации ферментативного гидролиза в зависимости от различного количества яблочных выжимок и раствора лимонной кислоты

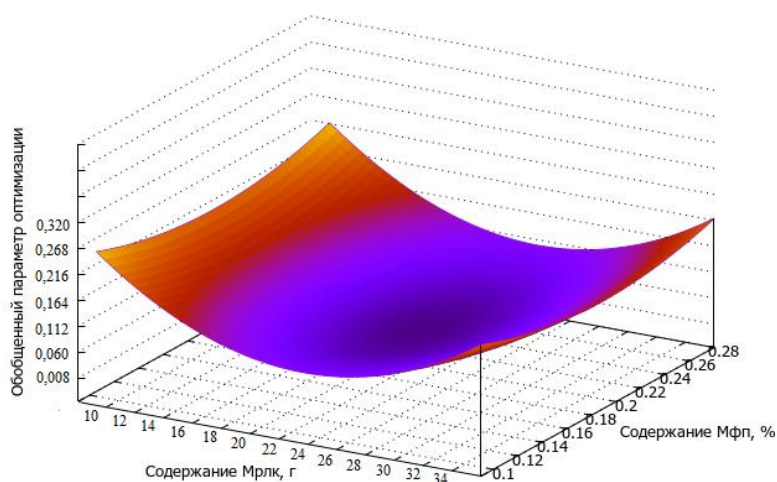


Рис. 3. Графическая интерпретация оптимизации ферментативного гидролиза в зависимости от различного количества раствора лимонной кислоты и ферментного препарата

## Выводы

Яблочные выжимки, являющиеся отходами сокопроизводства, имеют влажность 80,2 %, зольность 0,56 %. Яблочные выжимки богаты пектиновыми веществами (1,91 %) и клетчаткой (4,95 %). Ферментативный гидролиз яблочных выжимок для получения пюре, не содержащего непищевых примесей, является более эффективным в сравнении с термической и кислотной обработкой, что отражается в величине выхода пюре – 68 %. При моделировании ферментативного гидролиза вторичного яблочного сырья установлены оптимальные условия протекания процесса: количество вносимого ферментного препарата – 0,188 %, количество лимонной кислоты – 21,95 г, количество яблочных выжимок – 80,77 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перфилова О.В. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания // Новые технологии. – 2017. – № 4. – С. 65-71.
2. Чалдаев П.А., Свечников А.Ю. Применение яблочных выжимок для производства продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2014 – №4. – С. 40-41.
3. Обращение с отходами: учебное пособие / Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Жмыхов И.Н., Юрацик К.К. – Минск: Вышэйшая школа, 2018. – 464 с.
4. Viscozyme L. Novozymes. Официальный сайт // Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.novozymes.com>
5. Хромова, Н.Ю. Биотехнологическая конверсия зернового сырья для получения пробиотических продуктов и кормовых белковых добавок: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2019. – 167 с.
6. Нигматуллина И.М., Агафонова С.В. Исследование влияния процесса ферментативного гидролиза углеводов вторичного яблочного сырья // Вестник молодежной науки. Электрон. дан. – 2019. – № 4(21). Режим доступа: <http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2019/12/Nigmatullina-421.pdf>
7. Мезенова О.Я. Моделирование и оптимизация технологических процессов производства продуктов питания путем математического планирования эксперимента. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2008. – 45 с.

## OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF ENZYMATIC HYDROLYSIS OF SECONDARY APPLE RAW MATERIALS

Nigmatullina Idalia Maratovna, Student of the Food Biotechnology Department  
Agafonova Svetlana Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the  
Food Biotechnology Department

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,  
e-mail: [svetlana.agafonova@klgtu.ru](mailto:svetlana.agafonova@klgtu.ru)

*The physical and chemical composition of secondary apple raw materials formed in the production of juices was studied, and the mass fractions of water, ash, pectin substances, and fiber were determined. The effectiveness of the use of enzymatic hydrolysis with the enzyme preparation Viscozyme L for obtaining food apple puree is proved. Using the method of mathematical modeling, the process of enzymatic hydrolysis of raw materials was optimized, the optimal amounts of the introduced enzyme preparation (0.188 %), citric acid (21.95 g) and apple pomace (80.77 g) were determined.*

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЛИКОЗАМИНОГЛИКАНОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Орлов Игорь Олегович, аспирант

Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: igor.orlov.workmail@gmail.com; Evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*Исследование направлено на разработку технологии продуктов функционального назначения из вторичных рыбных тканей (хребтовых, костных и покровных) с применением ферментативного гидролиза. Исследован химический состав используемого сырья. Изучена возможность применения ферментативного гидролиза в технологии получения экзогенных гликозаминогликанов.*

На сегодняшний день заболевания опорно-двигательного аппарата являются наиболее распространенным фактором, существенно снижающим качество жизни населения. Согласно докладу Всемирной организации здравоохранения, рассматриваемые заболевания являются главной причиной инвалидности в большинстве регионах мира. На территории Российской Федерации по статистическим данным различными формами суставных заболеваний страдают около 15 млн. человек. Хотя распространенность заболевания увеличивается пропорционально увеличению возраста человека, им подвержено и молодое население. С возрастом увеличивается вероятность возникновения заболевания, у лиц старше 50 лет эта вероятность составляет 26 %, а у лиц старше 60 лет она может достигать более 90 %. Проблемы опорно-двигательного аппарата являются одной из основных причин потери трудоспособности [1 - 5].

Многочисленные исследования заболеваний опорно-двигательного аппарата позволяют судить о том, что патогенез данной группы сложнее, чем считалось ранее. Это означает, что для эффективного лечения и профилактики наиболее целесообразен комплексный подход к решению проблемы [5 - 8].

Вне зависимости от причин возникновения заболевания, общими признаками будут являться локализованное разрушение суставного хряща, изменения в субхондральной кости и формирование остеофитов, а также повреждение остальных компонентов сустава, таких как синовиальная оболочка и связки [1 - 12].

На рисунке 1 представлены локализованные в коленном суставе остеоартрозные поражения ткани. По краям сустава формируются костные выросты (остеофиты), как бы компенсирующие потерю хряща за счет увеличения суставных поверхностей, и кисты (полости) в этой части кости. Это является причиной деформаций суставов при артрозе.

Фактор питания играет немаловажную роль в профилактике и лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата. Питание является одним из ключевых моментов в комплексном подходе к лечению ОА. Комплексная терапия, как правило, подразумевает в отсутствие противопоказаний добавлять в пищу ингредиенты, содержащие витамин С, D и E для ослабления болевого синдрома. А также, одним из важных ингредиентов считаются полиненасыщенные жирные кислоты, потребляемые в виде добавок к пище. Ряд плацебоконтролируемых исследований показывает, что потребление витаминов группы В, витамина К и β-каротина способно повлиять на скорость синтеза хрящевой ткани и облегчения болевого синдрома.

Для сбалансированности питания используются как специализированные биологически активные добавки, в том числе и синтетические витамины, так и получить их правильно выстраивая свой рацион питания. Именно по этому существует необходимость в создании пищевых продуктов

обогащенных веществами обладающими хондропротекторном действием. Так как получить вещества напрямую участвующие в процессе метаболизма хрящевой ткани (ХС, ГК, глюкозамин) практически невозможно. На сегодняшний день эти вещества обладают высоким потенциалом для применения в пищевой индустрии.

Особенностью метаболизма ХС является отсутствие его взаимодействия с цитохромом Р 450. В свою очередь это обуславливает низкую вероятность возникновения побочных эффектов при применении ХС с другими лекарственными препаратами.

Это является крайне важным критерием для людей пожилого возраста, так как у данной группы людей чаще всего наблюдаются мультифакториальные заболевания.

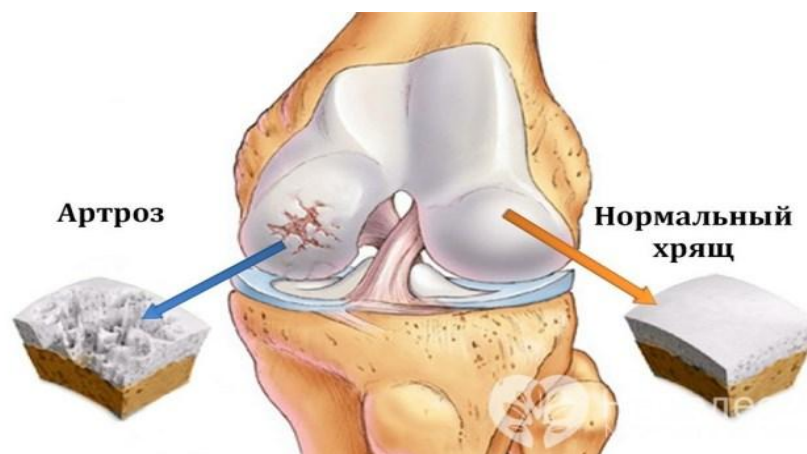


Рис. 1. Суставной хрящ подверженный артрозу

Первым этапом было проведено изучение литературных источников с последующими экспериментами по определению наиболее подходящего сырья с учетом доступности в регионе. Для изучения были определены следующие виды рыб: судак балтийский и треска. Данные по изучению массового состава данных видов представлены в таблице 1, из приведенной таблице видно, что массовая доля костно-хрящевой ткани, кожи и плавников находится в наиболее оптимальном соотношении именно у судака, что делает его более пригодным для получения целевого вещества.

Таблица 1

### Массовый состав судака и трески

Вид рыбы	Массовый состав, %					
	голова	кожа	костно-хрящевая ткань	плавники	внутренности	мышечная ткань
Судак	18	4	7,5	5	10	55,5
Треска	19	3,5	8,0	3	15	51,5

Источниками гликозаминогликанов являются опорно-каркасные и покровные ткани рыб (ОКиПТ). Химический состав данных тканей рассматриваемых рыб представлен в таблице 2. Из данных таблицы 2 видно, что при тепловой обработке происходящие в ОКиПТ судака.

Таблица 2

### Химический состав ОКиПТ судака и трески, %

Составной компонент	ОКиПТ судака	ОКиПТ судака (проваренные)	ОКиПТ трески	ОКиПТ трески (проваренные)
Вода	35,7	31,1	64,0	57,4
Белок	25,6	24,9	14,4	12,1
Жир	9,6	8,4	3,0	1,8
Зола	29,1	35,6	18,6	28,7



Анализ минеральных компонентов проводился в соответствии с ГОСТ 7636-85. Был определён минеральный состав подготовленных к ферментативному гидролизу ОКиПТ судака и трески, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

### Минеральный состав сырья

Характеристика опорно-каркасных и покровных тканей		
Составной компонент	Судак (проваренный)	Треска (проваренная)
К, %	0,05	0,07
Р, %	4,2	5,6
Са, %	5,5	4,1
Na, %	0,25	0,1
Mn, мг/кг	8,3	22,0
Fe, мг/кг	10,3	3,0

По данным, представленным в таблице 3 видно, что изучаемые ткани богаты такими минеральными веществами как кальций и фосфор, причём первого больше содержится в ОКиПТ судака, а фосфором более богаты аналогичные ткани трески. Эти минеральные компоненты незаменимы для профилактики и лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата человека и должны в достаточных количествах поступать с пищей или в составе биологически активных добавок.

Одной из основных целей работы, является переработка вторичного недоиспользуемого сырья рыбной промышленности, что ведёт к уменьшению количества отходов производства и соответственно благотворно скажется на ситуацию, как с экономической, так и с экологической точек зрения. Из соображений экологии было решено в технологии применять гидролиз с использованием ферментов, это позволит сократить затраты в долгосрочной перспективе и даст возможность для переработки наиболее экологически безопасным путем.

Для определения наиболее оптимальных параметров ферментативного гидролиза ОКиПТ была проведена серия экспериментов. Во всех опытах был использован фермент «Alcalase» 2.4L (Дания), обладающий коллагеназной активностью.

В эксперименте использовался гидромодуль 1:2 (сырьё:вода), количество добавляемого фермента 0,5%; 1%; 1,5% и 2 % к массе суспензии. Гидролиз характеризовали по накоплению аминного азота в гидролизате (ФТА) и сухих веществ. (см. табл. 4-6, рис. 2-7). Все измерения проводились с интервалом в 30 минут.

Таблица 4

### Данные по показателю аминного азота при ферментативном гидролизе с содержанием фермента 0,5%

№ измерения	Аминный азот, см3
0	0,7
1	1,1
2	1,2
3	1,2
4	1,2
5	1,4
6	1,2
7	1,5
8	1,3

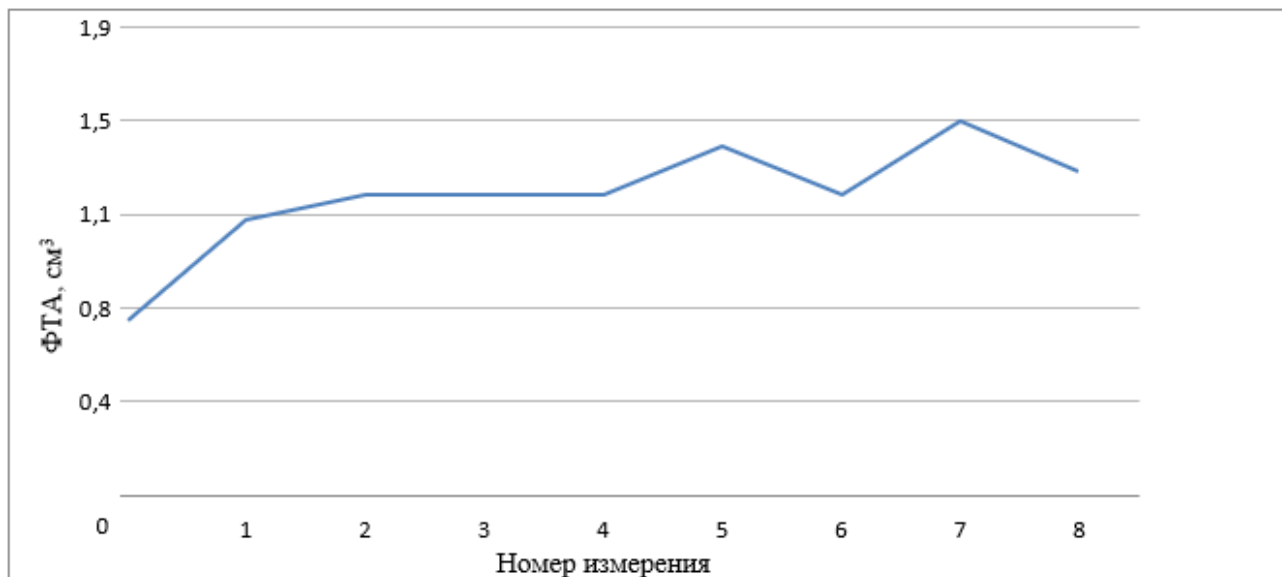


Рис. 2. График зависимости накопления амминого азота от продолжительности гидролиза (с содержанием фермента 0,5%)

Для контроля степени протекания гидролиза, было решено в процессе гидролиза так же измерять показатель содержания сухих веществ. Было проведено еще три параллельных опыта, с содержанием фермента в суспензии 1%, 1,5% и 2%. Гидро модуль 1:2. Результаты представлены в таблице 5 и рисунках 3 – 5.

Таблица 5

### Результаты экспериментов

Кол-во. фермента	1%		1,5%		2%	
	ФТА	Сухие в-ва, %	ФТА	Сухие в-ва, %	ФТА	Сухие в-ва, %
0	0,6	2	0,6	2	0,7	3
1	0,6	2	0,6	2	0,7	2
2	0,6	2	0,6	2	0,6	2
3	0,7	2	0,7	2	0,7	2
4	0,6	2	0,7	2	0,8	2
5	0,7	2	0,8	2	0,8	2
6	0,8	2	0,8	3	0,8	3
7	0,9	2	0,9	3	0,8	3
8	0,9	2	0,9	4	1,0	4
9	1,0	3	1,0	4	1,1	4
10	1,0	3	1,0	4	1,1	4
11	1,1	4	1,2	4	1,3	4
12	1,0	4	1,4	5	1,4	5
13	1,1	4	1,6	5	1,6	5
14	1,1	4	1,6	5	2,0	5

Как видно из данных представленных на рисунке 3, накопление сухих веществ в процессе гидролиза с содержанием фермента в 1% было зафиксировано только во время 9 измерения, что соответствует 4,5 часам с начала процесса.

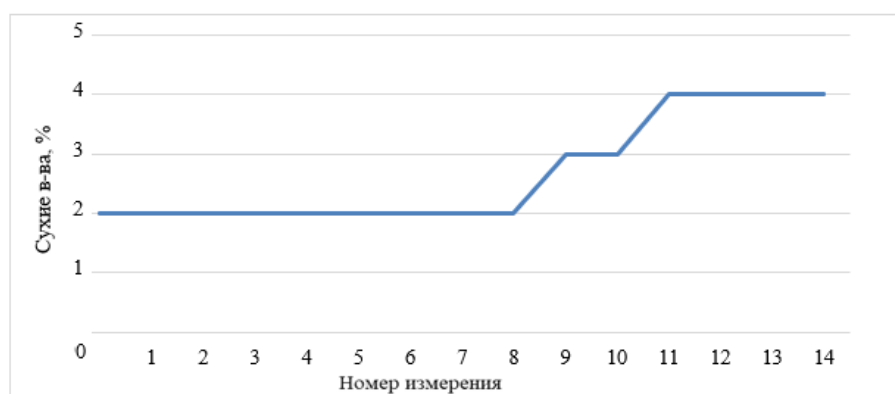


Рис. 3. График зависимости накопления сухих веществ от продолжительности гидролиза (с содержанием фермента равным 1%)

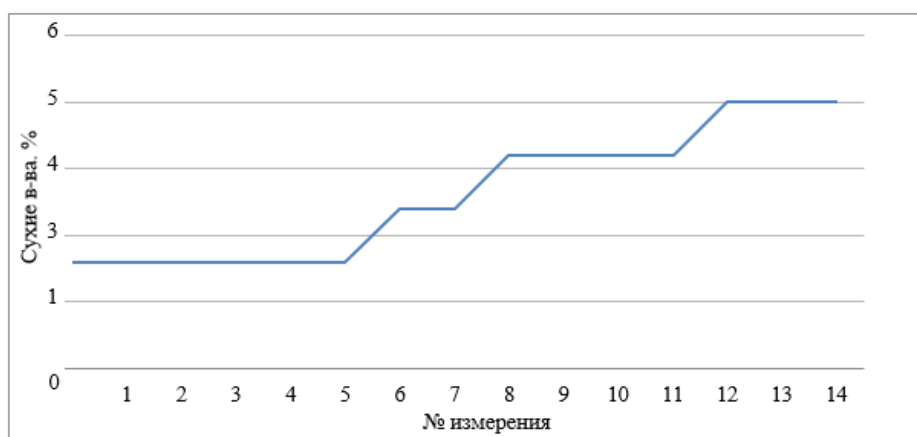


Рис. 4. График зависимости накопления сухих веществ от продолжительности гидролиза (с содержанием фермента равным 1,5%)

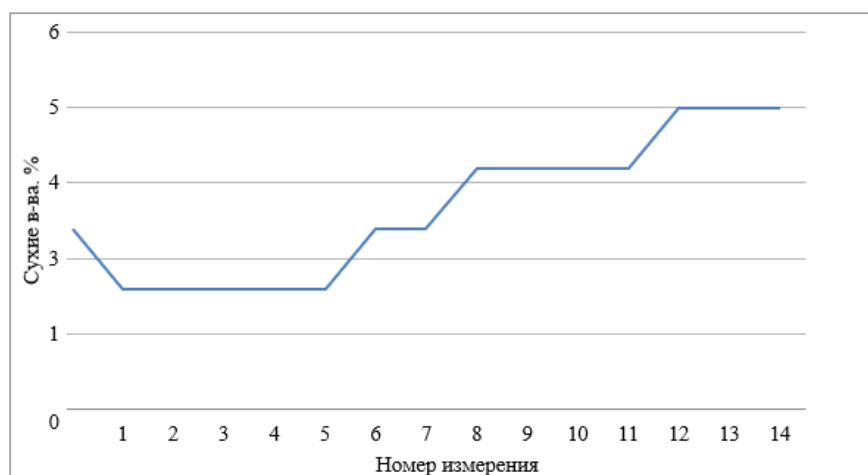


Рис.5. График зависимости накопления сухих веществ от продолжительности гидролиза (с содержанием фермента равным 2%)

Следующим этапом исследований стало увеличение времени гидролиза и эксперименты с гидромодулем. Так для 1% фермента применялся гидромодуль 1:2, а в случае с 1,5% гидромодуль составил 1:3. Результаты представлены в таблице 6 и рисунках 6 и 7.

Таблица 6

**Результаты экспериментов**

Количество фермента	1%		1,5%		
	№ измерения	ФТА	Сухие в-ва, %	ФТА	Сухие в-ва, %
0		0,7	2	0,7	2
1		0,6	2	0,6	2
2		0,7	2	0,7	3
3		0,8	3	0,8	3
4		0,8	3	0,8	3
5		0,8	4	0,8	3
6		0,8	4	0,8	3
7		1,0	4	1,0	3
8		1,1	4	1,1	3
9		1,1	5	1,1	4
10		1,3	5	1,3	4
11		1,4	5	1,4	5
12		1,6	5	1,6	6
13		2,0	6	2,0	5
14		2,0	6	2,0	6
15		2,1	6	2,0	6
16		2,1	6	2,0	7
17		2,2	6	2,0	7
18		2,2	6	2,1	8

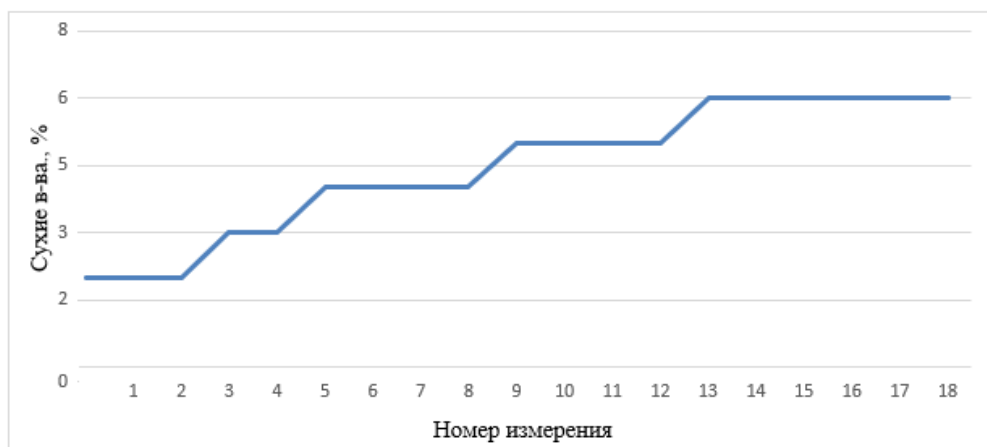


Рис.6. График зависимости накопления сухих веществ от продолжительности гидролиза (с содержанием фермента равным 1%, гидромодуль 1:2)

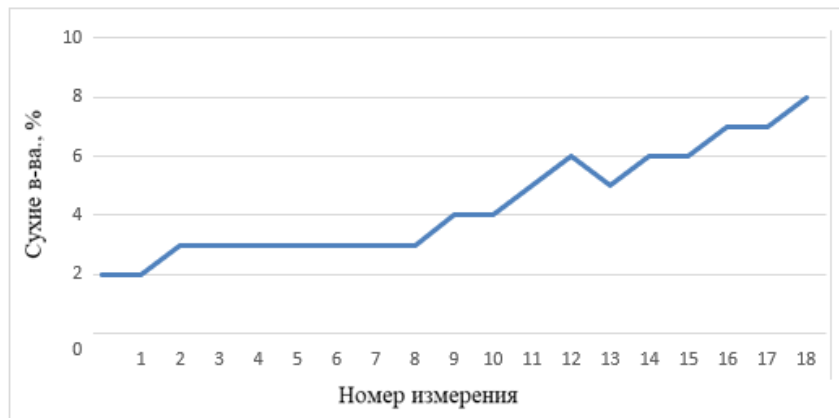


Рис. 7. График зависимости накопления сухих веществ от продолжительности гидролиза (с содержанием фермента равным 1,5%, гидромодуль 1:3)

Как видно из графиков роста показателя сухих веществ (см. рис. 3 – 7), наибольшее количество сухих веществ наблюдается в измерениях 11 – 14, что соответствует 5 – 7 часу проведения гидролиза. При этом наиболее стабильные показатели наблюдаются на графиках, соответствующих проведению гидролиза с содержанием фермента равным 1%. Для выявления наиболее оптимальных условий следует применить метод математического моделирования, для оптимизации параметров гидролиза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучена возможность использования покровных, костных и хребтовых тканей для получения основы для пищевого продукта функционального назначения с содержанием хондропротекторных компонентов, а именно экзогенных протеогликанов таких как хондроитин сульфат.

Проведена серия экспериментов по ферментативному гидролизу с целью определения параметров процесса. В ходе экспериментов было установлена возможность получения гидролизата, в котором в соответствии с литературными источниками содержится хондроитин сульфат, который применим в пищевом производстве, в дальнейшем будут проведены эксперименты, которые будут направлены на точное количественное определение данного вещества. Так же будут оптимизированы параметры гидролиза с применением фермента «Alcalase». Так же планируется применение и других препаратов с целью их сравнения и выбора, наиболее подходящего для поставленной задачи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Л.И. Препараты замедленного действия в лечении остеоартроза // Русский медицинский журнал. - 2018. - №20. - С. 93-101.
2. Аникин С.Г. Хондроитин сульфат: механизмы действия, эффективность и безопасность при терапии остеоартроза // Современная ревматология. – 2012. – №3. – С. 78-82.
3. Вертеброгенные заболевания нервной системы в детском и подростковом возрасте / Губеев Ю.Э., Хайбуллина Д.Х., Максимов Ю.Н., Есин Р.Г., Рахматуллина Э.Ф., Кочергина О.С., - Казань: 2014. - 48 с.
4. Европейская антиревматическая лига // Электронный рес. Режим доступа URL: <https://www.eular.org/index.cfm> (дата обращения 05.09.2020)
5. Землякова Е.С. Биологически активные композиции остеотропного и хондропротекторного действия на основе вторичного сырья гидробионтов. – К.: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 161с.
6. Подчуфарова Е.В. Хронические боли в спине: патогенез, диагностика, лечение. Русский медицинский журнал. 2003, 11(25), - С. 1395-1401.
7. Пизова Н.В. Костно-суставные боли в грудном отделе позвоночника и грудной клетке. Медицинский совет, 2014, №4, - С. 88-93.

8. Шостак Н.А. Современные подходы к терапии боли в нижней части спины. *Consilium medicum*, 2003, 5(8), - С. 457-461.
9. Campo G.M., Avenoso A., Campo S. et al. Glycosaminoglycans modulate inflammation and apoptosis in LPS-treated chondrocytes // *J. Cell Biochem.* – 2009. – Vol. 106 (1). – P. 83-92.
10. Caraglia M., Beninati S.D., Alessandro A.M. et al. Alternative therapy of earth elements increases the chondroprotective effects of chondroitin sulfate in mice // *Exp. Mol. Med.* – 2005. – Vol. 37. – P. 476-481.
11. Schneider H., Maheu E., Cucherat M. Symptom-Modifying Effect of Chondroitin Sulfate in Knee Osteoarthritis: A Meta-Analysis of Randomized PlaceboControlled Trials Performed with Structum. *Open Rheumatol. J.*, 2012, 6: 183-189.
12. Jomphe C., Gabriac M., Hale T.M. et al. Chondroitin sulfate inhibits the nuclear translocation of nuclear factor- $\kappa$  B in interleukin-1 $\beta$ -stimulated chondrocytes // *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* – 2008. – Vol. 102. – P. 59-65
13. Reginster JY, Deroisy R, Rovati LC, et al. Long-term effects of glucosamine sulphate on osteoarthritis progression: a randomised, placebo-controlled clinical trial. *Lancet*, 2001, 357 (9252): 251-6.

## **ON THE POSSIBILITY OF OBTAINING AND USE OF EXOGENIC GLYCOSAMINOGLYCANS IN THE TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL PURPOSE PRODUCTS**

Orlov Igor Olegovich, graduate student

Zemljakova Evgeniya Sergeevna, PhD in Engineering, associate professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: igor.orlov.workmail@gmail.com; evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*The research is aimed at developing a technology for functional products from secondary fish tissues (spine, bone and integumentary) using enzymatic hydrolysis. The chemical composition of the raw materials used has been investigated. The possibility of using enzymatic hydrolysis in the technology of obtaining exogenous glycosaminoglycans has been studied.*

УДК 573.6 + 664.951.2

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСМОТИЧЕСКОЙ ДЕГИДРАТАЦИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МАКРУРУСА МАЛОГЛАЗОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ**

Пивненко Татьяна Николаевна, д-р биолог. наук, профессор, профессор кафедры  
«Пищевая биотехнология»

Карпенко Юлия Валерьевна, канд. техн. наук, ассистент кафедры  
«Пищевая биотехнология»

Есипенко Роман Владимирович, канд. техн. наук, младший научный сотрудник  
НИИ «Инновационные биотехнологии»

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный Университет  
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия, e-mail: tnpivnenko@mail.ru

*Получены сравнительные данные о влиянии различных факторов на процессы диффузии и массопереноса при осмотической дегидратации мышечной ткани макруруса малоглазого. Пред-*

ложены и испытаны бинарные и тернарные растворы хлорида натрия и сорбита, имеющие различные показатели осмотического давления, изучено их влияние на процессы накопления или потери воды при обработке филе макруруса. Изучены показатели прочности и денатурации белка в образцах, подвергнутых различным вариантам обработки.

Одна из наиболее многочисленных и богатых видами группа донных и придонных рыб - *Macrouridae* (макрурусы или долгохвосты) - распространена от арктических до антарктических вод. Из них самым распространенным и многочисленным видом в северной части Тихого океана является макрурус малоглазый *Albatrossia pectoralis*, освоение добычи которого продолжает неуклонно расти. Глубина обитания этого вида составляет от 1200 до 3500 м, биомасса, сформированная этим видом – 166,05 тыс. т [1]. По данным российских рыболовецких компаний возможность вылова макруруса ярусными судами среднего тоннажа составляет до 30-40 тонн в сутки, тогда как для традиционных объектов средний результат составляет 4-6 тонн в сутки (<http://www.vostok1.com/produktsiya/makrurus/>). В настоящее время интерес рыбодобывающих компаний связан с относительно небольшой стоимостью этого объекта, высокой массовой долей печени и икры, имеющих высокие органолептические качества и ценные эссенциальные компоненты. В то же время переработка мышечной ткани макруруса как в промышленных, так и в домашних условиях вызывает значительные затруднения, связанные с повышенным содержанием воды и низкой влагоудерживающей способностью (ВУС). Поэтому основной трудностью, с которой сталкиваются рыбопромышленники при добыче макруруса, является не организация вылова на больших глубинах, а сложность дальнейшей технологической переработки и связанные с этим объёмы продаж.

Сравнительные исследования биохимического состава мышечной ткани макруруса малоглазого позволяют говорить о том, что основными причинами, вызывающими размягчение его мышечной ткани и усиленное отделение воды при переработке, связаны не только с низким содержанием общего количества белка, но и с изменением соотношения основных миофибриллярных белков (миозина и актина) в сторону его уменьшения. Также процессы размягчения усугубляются наличием иного механизма осморегуляции, определяемого низким содержанием обычных для гидробионтов осморегуляторов (низкомолекулярных азотистых соединений). Это делает мышечную ткань макруруса лабильной по отношению к внешним воздействиям [2]. Традиционные технологии переработки, включая посол, приводят к значительным потерям массы продукта. Тем не менее, совершенствование процессов осмотической дегидратации, способно при снижении указанных потерь обеспечить улучшение органолептических и прочностных характеристик филе рыб. Осмотическое обезвоживание с применением поликомпонентных растворов, включающих кроме поваренной соли моно- и полисахариды различной природы, было применено к некоторым видам рыб и показало неожиданные результаты. Так на примере тилапии, сайды и других было показано, что использование таких поликомпонентных растворов позволяет регулировать не только влагосодержание и текстуру продуктов, но поглощение и распределение компонентов смесей внутри продукта [3,4]. Такой подход не был ранее применен для обводненной мышечной ткани, характерной для макруруса. Полученные результаты должны явиться обоснованием технологий переработки выбранного объекта.

В качестве дегидратационных агентов использовали NaCl и сорбит. В настоящее время осмотическая дегидратация становится популярным способом предварительной обработки пищевого сырья главным образом из-за преимуществ экономии энергии – процесс происходит без изменения физического состояния воды. При этом применение других компонентов кроме традиционной поваренной соли, таких как сахара различной природы, имеет высокий потенциал для повышения содержания сухих веществ при регулируемой потере воды. В то же время высокая концентрация соли в мышечной ткани, препятствует проникновению сахаров. Сахара, в том числе сорбит, в свою очередь имеют «барьерный эффект», образуя слой на периферии продукта, который вызывает разнонаправленные процессы при транспортировке воды и растворенных веществ в мышечной ткани. Барьерный эффект сильнее при использовании сахаров с высокой молекулярной массой (м.м.) [5]. Так как сорбит не является соединением, естественным для тканей животных, его проницаемость для мышечной ткани может быть очень низкой. Следует ожидать, что комби-

нация двух растворенных веществ, таких как сорбит и NaCl сможет обеспечить следующие преимущества: умеренное снижение влажности при низкой скорости пропитки растворенными веществами, и уменьшение денатурации рыбного белка, которая вызывает значительное снижение его растворимости белка и ВУС [6-8].

В таблице 1 приведены сводные данные о составе растворов, величинах их осмотического давления, потерях массы, концентрациях NaCl и сорбита в филе макруруса, подвергнутого обработке в гипертонических растворах в течение 5 часов. Содержание сорбита определяли методом ВЭЖХ, содержание NaCl определяли методом титрования  $AgNO_3$ .

Таблица 1

**Влияние бинарных и тернарных растворов на изменение содержания компонентов в филе макруруса**

№	Состав растворов	Изменение массы образцов, %	Содержание сорбита, %	Содержание NaCl, %	Осмотическое давление, атм
1	0,25 М NaCl	+2,2±0,7	-	2,16±0,26	12,22
2	1,0 М NaCl	- 1,9±0,5	-	3,84±0,55	48,87
3	2,0 М NaCl	- 4,98±0,9	-	5,24±0,67	97,74
4	0,5 М сорбит	- 1,57±0,5	0,51±0,06	0,80±0,54	12,22
5	1,0 М сорбит	- 2,95±0,5	0,76±0,07	0,86±0,07	24,44
6	2,0 М сорбит	- 9,57±1,2	0,86±0,15	0,85±0,07	48,87
7	1 М сорбит + 0,25 М NaCl	+1,82±0,5	0,71±0,08	1,38±0,14	36,65
8	1 М сорбит + 0,75 М NaCl	+0,51±0,1	0,76±0,20	2,56±0,22	61,09
9	1 М сорбит + 1,5 М NaCl	- 2,43±0,6	0,75±0,16	3,86±0,21	97,74
10	1,5 М NaCl + 0,5 М сорбит	- 1,79±0,5	0,46±0,10	1,42±0,09	85,52
11	1,5 М NaCl + 1 М сорбит	- 10,01±2,1	0,59±0,09	1,64±0,10	97,74
12	1,5 М NaCl + 2 М сорбит	- 12,47±2,6	0,70±0,11	1,78±0,12	122,18

Примечание.  $n = 4, p < 0,05$

Соотношение между содержанием каждого из примененных соединений в образцах филе и осмотическим давлением гипертонических бинарных растворов показано на рис. 1.

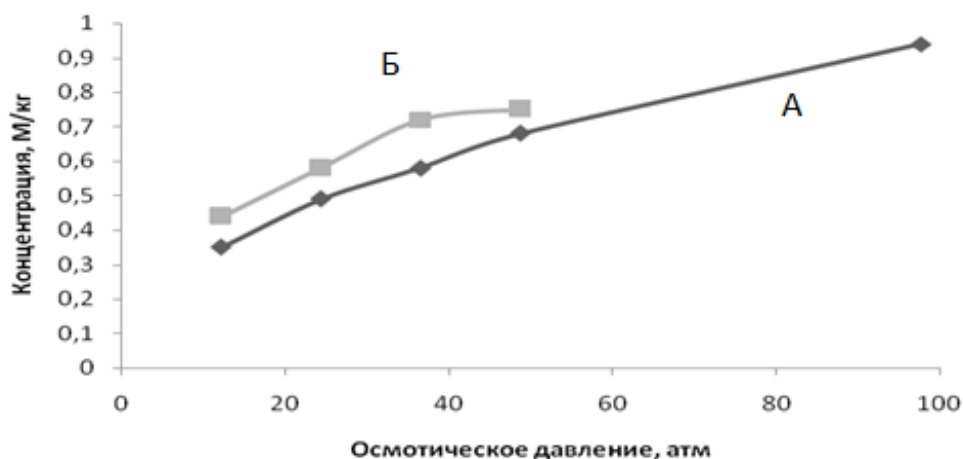


Рис. 1. Зависимость концентраций NaCl и сорбита в филе макруруса от осмотического давления при обработке бинарными растворами путем замачивания в течение 5 час: А - NaCl (0,25 М; 0,5 М; 0,75 М; 1 М; 2 М); Б - сорбит (0,5 М; 0,75 М; 1 М; 2 М)

Содержание NaCl в филе макруруса линейно увеличивалось пропорционально росту осмотического давления раствора. В отличие от этого содержание сорбита увеличивалось аналогичным образом лишь при величинах осмотического давления ниже 40 атм, затем рост концентрации сорбита постепенно снижался. Такая зависимость совпадала с результатами, полученными при осмотическом обезвоживании филе скумбрии [9]. Хотя содержание обоих соединений было близким



при осмотическом давлении ниже 40 атм, после превышения этой величины накопление NaCl происходило интенсивнее. Ранее было показано, что скорость проникновения веществ увеличивается с понижением м.м. [10]. Однако, несмотря на более низкую м.м. NaCl, скорость его проникновения была почти такой же, как у сорбита на нижних уровнях осмотического давления. Вероятно, проницаемость для различных соединений в мышечную ткань зависит не только от м.м., но и от диссоциации ионогенных соединений, таких как NaCl, в то время как сахара не ионогенны.

Содержание сорбита в наружной части пропитанных кусочков филе было значительно выше, чем во внутренней части, что предполагает слабую его дисперсию в мышечную ткань (рис. 2). Концентрация обоих соединений уменьшалась с увеличением расстояния от поверхности. Содержание NaCl в самой внутренней части было примерно на 60% меньше от его количества во внешних слоях. Для сорбита эта величина составила около 25%. Эти результаты показывают, что способность NaCl к проникновению в мышечную ткань значительно выше, чем у сорбита.

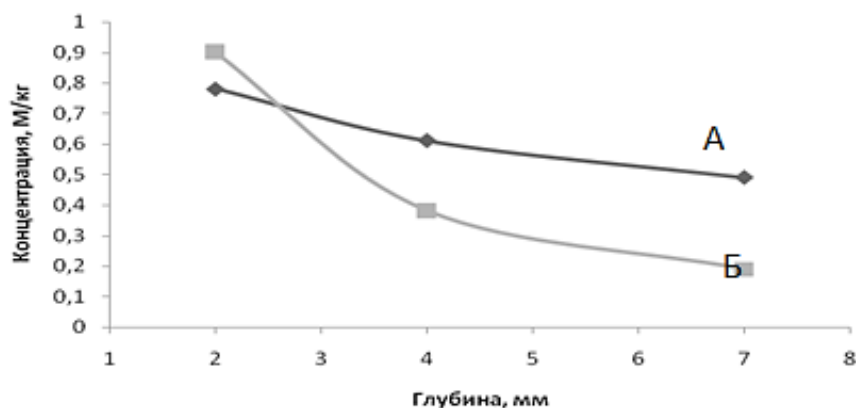


Рис. 2. Распределение NaCl (A) и сорбита (Б) в филе макруруса, обработанном бинарными растворами 1,5 М NaCl или 2,0 М сорбита. Кусочки филе были разрезаны на 3 слоя от поверхности к центру. На оси абсцисс показана концентрация NaCl или сорбита. Используемые обозначения такие же, как на рис. 1.

Далее рассматривали влияние осмотического давления, создаваемого NaCl и сорбитом, на содержание воды в филе макруруса. Потеря воды, определенная по разнице во влажностном содержании кусочков филе до и после замачивания в течение 5 ч в зависимости от величин осмотического давления показана на рис.3. Отрицательные значения потерь воды подразумевают увеличение её содержания при замачивании.

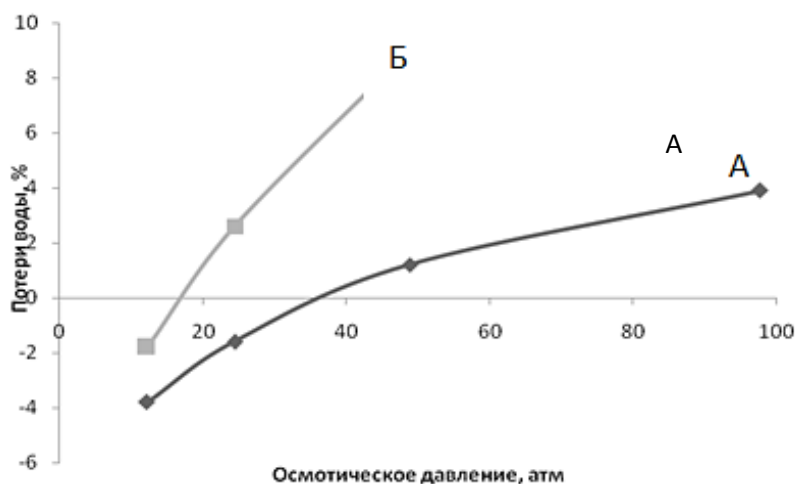


Рис. 3. Зависимость потери воды в филе макруруса от осмотического давления при обработке бинарными растворами: NaCl (A) или сорбит (Б). Используемые обозначения такие же, как на рис. 1.

На нижних уровнях осмотического давления наблюдали увеличение содержания воды, при его повышении – его снижение, которое линейно увеличивалось в обоих случаях. Потери воды, при использовании NaCl, приобретали положительные значения примерно при 40 атм, в то время как всего 15-ти атм осмотического давления, создаваемого сорбитом, было достаточно, чтобы вызвать убыль воды. При одном и том же осмотическом давлении потеря воды, вызванная замачиванием в растворе NaCl, была значительно меньше, чем в растворе сорбита.

Согласно литературным данным солиubilизация миофибриллярных белков и соответствующее этому увеличение ВУС происходит в присутствии низких концентраций нейтральных солей [3]. Можно предположить, что процесс осмотического обезвоживания в растворах NaCl конкурирует с процессом увеличения ВУС миофибриллярных белков, индуцированным в свою очередь проникновением NaCl.

Ранее было показано, что совместное использование сорбита и NaCl было эффективным при регулировании не только содержания воды, но и степени денатурации белков мышечной ткани рыб. А изменение степени денатурации миофибриллярных белков под действием раствора сорбита влияло на реологические свойства солено-сушеных продуктов. [4,11,12]. Для того, чтобы обеспечить возможность регулирования содержания NaCl и сорбита изучали влияние совместного применения обоих соединения на проницаемость каждого из них (рис.4).

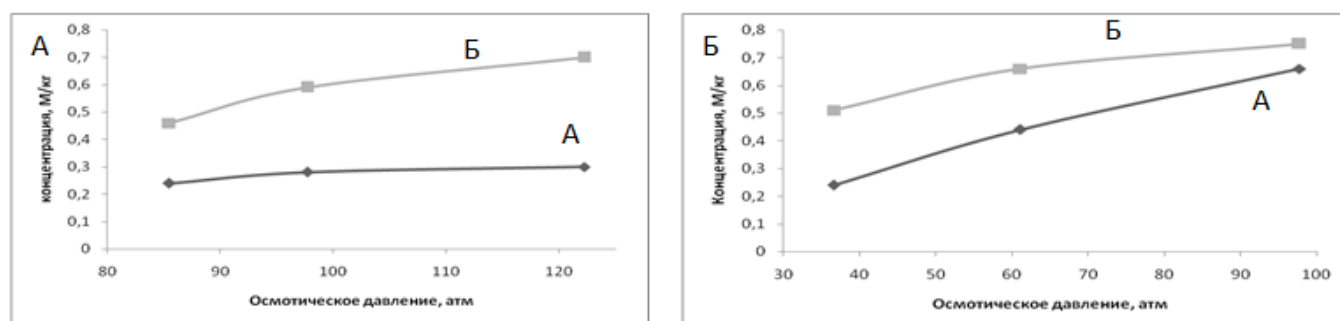


Рис. 4. Влияние совместного использования NaCl и сорбита при обработке филе макруруса на проницаемость каждого из соединений. А – тернарные смеси, содержащие 1,5 М NaCl + 0,5 М сорбита; 1,5 М NaCl + 0,5 М сорбита; 1,5 М NaCl + 2,0 М сорбита. Б - тернарные смеси, содержащие 1,0 М сорбита + 0,25 М NaCl; 1,0 М сорбита + 0,75 М NaCl; 1,0 М сорбита + 1,5 М NaCl. Обозначения соединений те же, что на предыдущих рисунках.

Общее осмотическое давление было рассмотрено как сумма осмотического давления, создаваемого NaCl и сорбитом в растворе. Полученные результаты показывают, что совместное использование NaCl и сорбита не обеспечивает усиления проникающего эффекта каждого из соединений.

Также было исследовано влияние совместного применения NaCl и сорбита на изменение ВУС в филе макруруса (рис. 5). При использовании растворов 1,5 М NaCl в присутствии 0,5, 1,0 или 2,0 М сорбита, потери воды существенно возросли при повышении осмотического давления, вызываемого добавлением сорбита.

Скорость обезвоживания была несколько ниже, чем при использовании раствора, содержащего только сорбит. Если же филе обрабатывали 1,0 М раствором сорбита, содержащего 0,25, 0,75 или 1,5 М NaCl, скорость потерь воды увеличивалась с ростом осмотического давления, вызванного добавлением NaCl.

В этом случае скорость дегидратации под действием NaCl в присутствии сорбита была значительно ниже, чем при его отсутствии. Это явление может быть объяснено увеличением ВУС солиubilизированных под влиянием NaCl миофибриллярных белков. Вероятно, рост концентрации сорбита в смеси вызывает только осмотическую дегидратацию, тогда как рост концентрации NaCl в смеси играет двойную роль: осмотическое обезвоживание и увеличение ВУС белков мышечной ткани рыб.

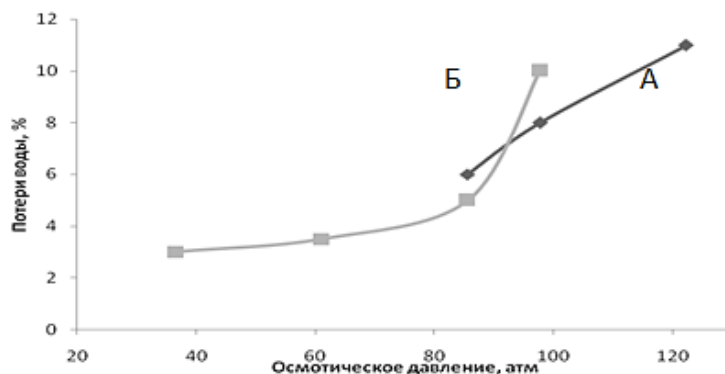


Рис. 5. Эффект совместного использования NaCl и сорбита в тернарных растворах при обработке филе макруруса. Используются те же смеси NaCl и сорбита, что и на рис. 4.

Полученные результаты позволяют охарактеризовать проницаемость и обезвоживающий эффект NaCl и сорбита при обработке филе макруруса в условиях изменяемого осмотического давления посолочного раствора. Показаны количественные взаимосвязи способности к диспергированию и дегидратации и величин осмотического давления, позволяющего обеспечить эффективность процесса.

Были исследованы некоторые реологические и физико-химические характеристики мышечной ткани макруруса после ее осмотической дегидратации. Прочность мышечной ткани определяли на приборе Валента с грибовидной насадкой (рис.6).

В качестве контроля использовали необработанное филе макруруса. При концентрации NaCl в 0,25 М происходило увеличение прочности в 4,5 раза по сравнению с контролем. Дальнейший рост количества NaCl приводил к снижению этого показателя, при этом он оставался на более высоких уровнях, чем в контрольных образцах. При использовании сорбита процесс приобретал обратную направленность – увеличение прочности при увеличении концентрации сорбита. Применение тернарных растворов подтвердило эту тенденцию. При постоянной концентрации сорбита (1 М) и изменении концентрации NaCl от 0,25 до 1,5 М происходило пиковое увеличение прочности при 0,75 М NaCl. Если же использовали растворы с постоянной величиной NaCl (1,5 М) и изменением концентрации сорбита от 0,5 до 2 М рост прочности внутри группы был незначительным, хотя сами её величины существенно были выше, чем при применении бинарных растворов NaCl.

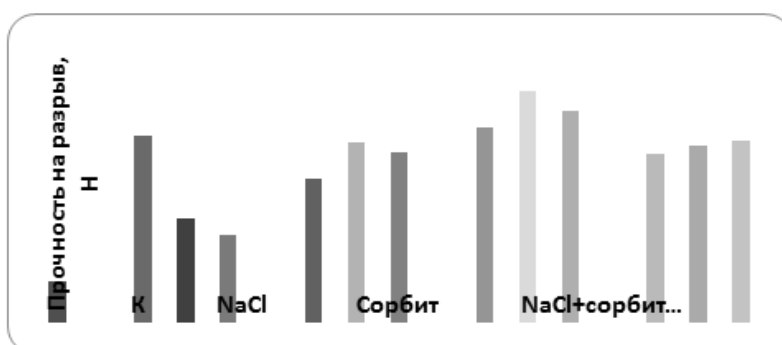


Рис. 6. Влияние различных концентраций NaCl и сорбита на прочность дегидратированных образцов филе макруруса. Состав растворов: NaCl – 0,25 М; 1,0 М; 2,0 М; Сорбит – 0,5 М; 1,0 М; 2,0 М; 1,0 М сорбит + NaCl (0,25 М; 0,75 М; 1,5 М); 1,5 М NaCl + сорбит (0,5 М; 1,0 М; 2,0 М); 2,0 М сорбит

Определение степени денатурационных изменений саркоплазматических и миофибрилярных белков проводили путем их экстрагирования буферными растворами определением количества белка (рис. 7).

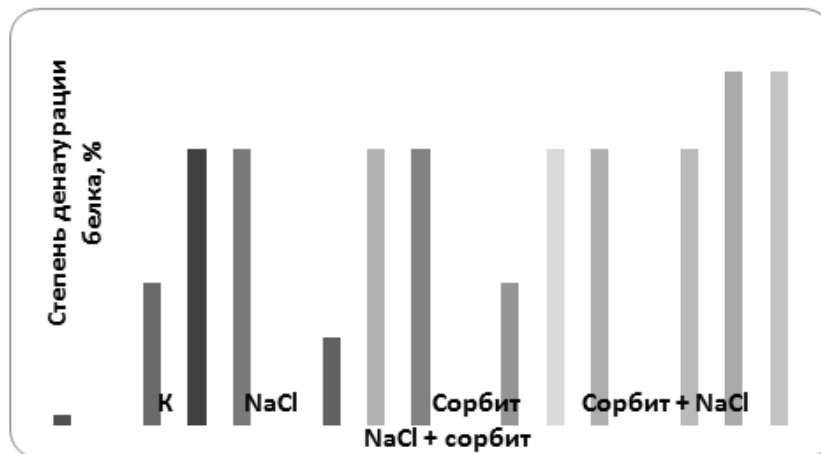


Рис. 7. Влияние различных концентраций NaCl и сорбита на степень денатурации дегидратированных образцов филе макруруса. Состав растворов: NaCl – 0,25 M; 1,0 M; 2,0 M; Сорбит – 0,5 M; 1,0 M; 2,0 M; 1,0 M сорбит + NaCl (0,25 M; 0,75 M; 1,5 M); 1,5 M NaCl + сорбит (0,5 M; 1,0 M; 2,0 M); 2,0 M сорбит

Добавление бинарных растворов и NaCl, и сорбита при их максимальной концентрации приводило к аналогичным процессам денатурации белков, степень которой повышалась до 25 %. При использовании тернарных растворов с постоянной концентрацией сорбита происходили те же процессы. Наибольший рост этого показателя наблюдали при использовании тернарных растворов с постоянной концентрацией NaCl с увеличением концентрации сорбита, в этом случае степень денатурации белков достигала 32 %.

Таким образом, осмотическое обезвоживание филе макруруса с помощью бинарных и тернарных растворов, имеющих различное осмотическое давление, создаваемое NaCl и сорбитом, позволяет регулировать их количество на разной глубине продукта, накопление или потерю воды, а также прочность и степень денатурации белка. Полученные данные были использованы для разработки технологии рыбных паст и пресервов из макруруса малоглазого.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tuponogov V., Novikov N.P. Grenadier as an important reserve of Far Eastern deep-sea fisheries // Fisheries. – 2016. – V.6. – P. 54-60.
2. Pivnenko T.N., Karpenko Yu.V., Krashchenko V.V., Pozdnyakova Yu.M., Esipenko R.V. Biochemical factors affecting the quality of products and the technology of processing deep-sea fish, the giant grenadier *Albatrossia pectoralis* // J.Ocean U. China. – 2020. – V.19. – P.681–690.
3. Konno K, Yamanodera K, Kiuchi H. Solubilization of fish myosin by sorbitol // J. Food Sci. 1997. – V.62. – P. 980–984.
4. Nanbu S, Kiuchi H, Ohishi A, Kitajima T, Kaneko Y, Arai K. Effect of NaCl and sorbitol caused by dehydration on moisture content and water activity of cured meat from walleye pollack // Nippon Suisan Gakkaishi. – 1997. – V.63. – P.748–756.
5. Tortoe C. A review of osmodehydration for food industry // African Journal of Food Science. – 2010. – V.6(4). – P. 303-324.
6. Bohuon P., Collignan A., Rios G.M., Raoult-Wack A.L. Soaking process in ternary liquids: experimental study of mass transport under natural and forced convection // J Food Eng. – 1998. – V.37. – P. 451–469.
7. Collignan A., Raoult-Wack A.L. Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions // LWT Food Sci. Technol. – 1994. –27. – P. 259–264.
8. Medina-Vivanco M., Sobral P.J.A., Hubinger M.D. Osmotic dehydration of tilapia fillets in limited volume of ternary solutions // Chem. Eng. J. – 2002. – V.86. – P. 199–205.
9. Ooizumi T., Tamagawa H., Akahane Y., Kaneko Y. Permeability of sugar alcohols with different molecular weights into fish meat // Fish. Sci. –2000. – V.66. – P. 974–979.

10. Ooizumi T., Tsuruhashi K., Miono Y., Akahane Y. Control of sugar content in fish fillets by soaking and cold preservation. In: Sakaguchi M (ed.). More Efficient Utilization of Fish and Fisheries Products. Elsevier B.V., Amsterdam 2003, P. 415–423.

11. Iseya Z., Kubo T., Saeki H. Effect of sorbitol on moisture transportation and textural change of fish and squid meats during curing and drying process //Fish. Sci.– 2000.– V.66.– P.1144–49.

12. Kubo T, Saeki H. Role of sorbitol in manufacturing dried seafood from heated squid meat //Fish.Sci. –2001. V.67. – P. 524–529.

## **RESEARCH OF THE PROCESSES OF OSMOTIC DEHYDRATION OF GIANT GRENADIER MUSCULAR TISSUE WITH USING POLICOMPONENTIC SOLUTIONS**

Pivnenko Tatyana Nikolaevna, Doctor of biological sciences, professor, professor of the department "Food Biotechnology"

Karpenko Julia Valerievna, Ph.D., assistant of the department "Food Biotechnology"

Esipenko Roman Vladimirovich, Ph.D., junior researcher of Research Institute "Innovative Biotechnology"

Far Eastern State Technical Fisheries University "Dalrybvtuz",  
Vladivostok, Russia, e-mail: tnpivnenko@mail.ru

*There were obtained comparative data on the influence of various factors on diffusion and mass transfer processes during osmotic dehydration of the muscular tissue of the giant grenadier. Binary and ternary solutions of sodium chloride and sorbitol having various indicators of osmotic pressure are proposed and tested, their influence on the processes of accumulation or loss of water during processing of fillet of the giant grenadier was studied. The indicators of breaking strength and proteins denaturation in samples subjected to various processing options were studied.*

УДК 663.813

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ТЕХНОЛОГИИ СОКОВ ИЗ ОБЛЕПИХИ**

Рожнов Евгений Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент кафедры биотехнологии

Неклюдов Антон Андреевич, магистрант кафедры биотехнологии

Казарских Алексей Олегович, магистрант кафедры биотехнологии

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия, e-mail: red@bti.secna.ru

*В эксперименте изучено влияние технологических операций на содержание аскорбиновой кислоты в технологии осветленного облепихового сока – предварительная обработка ферментным препаратом Rapidase Clear (в дозировке от 0,01 % до 0,05 % масс. в течение 6 ч при T= 45 °C) и бентонитом. Потери аскорбиновой кислоты при этом составляют от 12,0 до 18,5 % по сравнению с ее содержанием в исходном соке. Установлено, что с разрушением аскорбиновой кислоты происходит усиление интенсивности цвета облепихового сока пропорционально динамике ее снижения, увеличивается желтизна цвета, что свидетельствует о приобретении образцами коричневыми оттенков.*

## Введение

Фрукты и овощи являются необходимым и важным компонентом ежедневного рациона и поэтому имеют решающее значение в организации здорового питания современного человека [1–5]. В то же время ритм современной жизни, а также невозможность ежедневного соблюдения рекомендаций здорового питания приводит к необходимости замены натуральных продуктов питания более удобными их формами, в частности такими продуктами переработки как – соки, концентраты, смузи и др., обеспечивающими восполнение организма человека необходимыми макро-, микронутриентами и витаминами.

С данной точки зрения облепиха (*Hippophae rhamnoides* L.) – это растение с высоким технологическим потенциалом, ягоды которой содержат в больших количествах аскорбиновую кислоту, альфа-токоферол, каротиноиды, минеральные вещества (K, Na, Mg, Ca, Fe, Zn, Se), моносахариды, аминокислоты, полифенольные соединения, жирные кислоты, глицеринфосфолипиды, фитостеролы, сложные эфиры зеаксантина [6]. Всего в ягодах облепихи найдено более 190 соединений, обладающих различной биологической активностью (Bal et al. 2011) [5], что с успехом позволяет отнести данный вид сырья к категории суперфруктов. В настоящее время интерес к так называемым суперфруктам достаточно значителен, что в первую очередь связано с эффективной маркетинговой стратегией продвижения идеи исключительной пользы для здоровья ряда экзотических фруктов, в том числе и с низкой популярностью у потребителей всего мира [7]. Облепиха в свою очередь является достаточно распространенным сырьем в мировом масштабе, однако промышленное использование данных ягод связано в первую очередь с получением облепихового масла, что не позволяет полностью использовать потенциал ягод.

Облепиха, как и любое другое растительное сырье, подвержено обширным вариациям химического состава, которое обнаруживается как среди популяций, подвидов, так и сортов. Общеизвестно, что ягоды подвида *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* (распространен в Китае) содержат в 5–10 раз больше аскорбиновой кислоты во фракции сока, чем ягоды подвида *Hippophae rhamnoides* subsp. *rhamnoides* (распространен в Европе) и ягоды подвида *Hippophae rhamnoides* subsp. *mongolica* (распространен в России) [8]. При этом обычное содержание аскорбиновой кислоты среди выведенной в России сортов облепихи (подвид *Hippophae rhamnoides* subsp. *mongolica*) обычно составляет 0,5–3,3 г/кг [9], в то время как содержание аскорбиновой кислоты в ягодах подвида *Hippophae rhamnoides* subsp. *turkistanica* составляет от 2,5 до 4,2 г/кг [10].

Таким образом, с точки зрения технологии пищевых продуктов на основе облепихи содержание аскорбиновой кислоты в исходном сырье может определять направления его переработки. В частности, можно использовать наиболее богатые аскорбиновой кислотой сорта ягоды для получения пищевых продуктов с минимальной технологической переработкой. Кроме того, несмотря на значительную роль аскорбиновой кислоты в качестве ингредиента рациона человека (за счет содержания во фруктах, овощах и травах), она также широко используется в качестве пищевой добавки, антиоксиданта и улучшителя хлебопекарной муки.

В то же время аскорбиновая кислота является достаточно нестабильным соединением даже в обычных условиях хранения, а при наличии таких факторов как нагревание, наличие растворенного кислорода и ионов тяжелых металлов скорость ее деградации значительно увеличивается [11].

При этом четкое понимание механизмов деградации аскорбиновой кислоты имеет решающее значение в определении стабильности и установлении срока годности широкого перечня пищевых продуктов. В условиях отсутствия окислителей аскорбиновая кислота (1) после перехода в енольную форму L-кетоглутаровой кислоты (2) обычно подвергается самопроизвольному декарбоксилированию и обезвоживанию с образованием 3-дезоксидеокси-L-пентозона (3), который в дальнейшем превращается в фурфурол (4) [12]. В окислительных условиях фурфурол также является конечным продуктом деградации аскорбиновой кислоты, однако промежуточными продуктами являются L-трео-пенто-2-улоза, 2-дезоксидеокси-эритропенто-2-улоза-1,4-лактон и 1,2-бутандион [12].

Образующие в ходе указанных выше превращений аскорбиновой кислоты карбонильные соединения являются реакционноспособными интермедиатами и включаются в общий механизм реакции Майяра наравне с производными фурана [13, 14, 15, 16]. Таким образом, была установлена прямая зависимость между содержанием аскорбиновой кислоты в продуктах и их цветовыми

характеристиками, вызывая нежелательные оттенки и снижая потребительские достоинства продуктов питания [17].

При создании современных продуктов питания предпочтение отдается технологическим решениям, направленным на достижение максимальной натуральности пищевого продукта, в том числе отсутствие в его составе искусственных добавок, особенно консервантов. При этом фактически единственными приемлемыми методами консервирования остаются методы, основанные на процессе термической гибели микроорганизмов. При этом тепловые процессы несут также негативное воздействие на качество продукта, в частности происходит потеря термолабильных питательных и биологически активных веществ, образование нежелательных соединений (например, 5-гидроксиметилфурфуrolа при получении облепиховых вин с добавлением мёда [18], а также происходит изменение цвета продукта, сопровождающееся реакциями неферментативного покоричневения, карамелизации и разложения аскорбиновой кислоты [19, 20, 21]

Таким образом, на основе всего выше сказанного, исследования влияния аскорбиновой кислоты на процесс неферментативного потемнения при приготовлении осветленного облепихового сока достаточно актуально, современно и имеет как теоретическое, так и широкое практическое значение.

*Целью настоящего исследования* являлось изучение динамики содержания аскорбиновой кислоты в процессе приготовления облепихового сока из нескольких распространенных в Алтайском крае сортов облепихи, а также влияния деградации аскорбиновой кислоты на оптические характеристики готового продукта.

### **Объекты и методы исследований**

Объектами исследования служили соки, полученные методом прямого отжима ягод низкокислотных сортов облепихи, собранной на территории Алтайского края в 2018 году: Алтайская, Чуйская, Эссель. Осветление соков проводилось бентонитом GranuBent PORE-TEC (ERBSLOEN Geisenheim AG, Германия) в сочетании с их предварительной обработкой ферментным препаратом пектолитического действия Rapidase Clear (DSM Nutritional Products Ltd, Швейцария). Обработка ферментным препаратом проводилась для разрушения пектиновых веществ, препятствующих эффективному осветлению облепихового сока за счет образования агломератов с частичками облепихового масла. Финишную фильтрацию соков проводили через фильтр-картон марки SEITS-KS80.

Количественное определение редуцирующих сахаров проводили химическим методом с использованием перманганата калия [22]. Содержание титруемых кислот определяли потенциометрическим титрованием в пересчете на преобладающую яблочную кислоту [23]. Количественное определение аскорбиновой кислоты проводили с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (Supelco, CAS# 620-45-1) по методике, изложенной в [24].

Определение мутности исследуемых соков проводили при помощи портативного турбидиметра НАСН 2100Р (Nach, США) по рекомендованной производителем методике.

Определение массовой концентрации общих фенольных веществ проводили колориметрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [25–27] на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ (Россия, «Экрос») с предварительным разбавлением образцов в 100 раз.

Оптические и хроматические характеристики исследуемых образцов облепиховых соков на всех этапах эксперимента определяли согласно действующим методическим рекомендациям OIV [28, 29] с использованием спектрофотометра UV-1800 (Япония, Shimadzu). На основании полученных спектральных характеристик соков в работе рассчитывали значение показателя интенсивности цвета, значение показателя оттенка цвета и его желтизну.

### **Результаты и их обсуждение**

Сок прямого отжима, полученный из облепихи представляет собой сложную трехфазную дисперсную систему состоящей из водной фазы, содержащей растворенные компоненты (органические кислоты, сахара, витамины и другие водорастворимые компоненты ягод), твердой фазы, представляющей собой мельчайшие частицы плодовой мякоти и оболочек ягоды и содержащие в

своем составе инкапсулированное облепиховое масло, а также капле свободного облепихового масла. В таблице 1 представлены результаты химического анализа образцов сока

Таблица 1

**Содержание основных веществ сока используемых сортов облепихи (n=3, M±m)**

Сорт	Активная кислотность, ед. рН	Титруемая кислотность, в пересчете на яблочную кислоту, г/дм <sup>3</sup>	Концентрация аскорбиновой кислоты, мг/кг	Концентрация редуцирующих сахаров, г/дм <sup>3</sup>
Алтайская	3,08±0,11	10,8±0,1	845,0±42,1	93,1±2,7
Чуйская	3,11±0,08	13,4±0,1	1340,0±60,3	86,4±3,1
Эссель	3,14±0,14	13,7±0,1	536,0±21,4	94,6±2,5

Можно видеть, что выбранные сорта облепихи можно отнести к низкокислотным с относительно высоким содержанием сахаров. Можно видеть, что наблюдается широкое варьирование концентрации аскорбиновой кислоты, а в условиях низкого значения активной кислотности это создает предпосылки для протекания реакций деградации аскорбиновой кислоты с образованием интермедиатов неферментативного покоричневения продуктов питания.

Необходимость осветления нативного сока облепихи связана с его низкими органолептическими характеристиками. В частности, отмечается наличие эффекта расслаивания при хранении и агломерации масляных включений в плавающее на поверхности трудно разрушаемое кольцо. Имеются сведения [30] об использовании бентонита для осветления облепиховых соков, однако для этого требуются большие дозировки препарата, что снижает экономическую эффективность данной технологии.

На наш взгляд, эффективное решение проблемы осветления нативного сока облепихи возможно только комбинированной физико-ферментативной обработкой, позволяющей на предварительной стадии осветления добиться разрушения пектиновых веществ со снижением вязкости обрабатываемого сока, а также высвободить частички масла из твердой фазы, что облегчит связывание масла и бентонита.

На рисунке 1 представлены результаты использования ферментного препарата Rapidase Clear при обработке соков прямого отжима. Обработка ягодной мякоти не проводилась, поскольку это привело бы к большему накоплению частичек масла в осветляемом соке и затруднению процесса осветления. Дозировку ферментного препарата варьировали от 0,01 % до 0,05 % масс., продолжительность обработки составляла 6 ч при температуре 45 °С. Эффективность обработки оценивали по снижению показателя кинематической вязкости облепихового сока (рисунок 1).

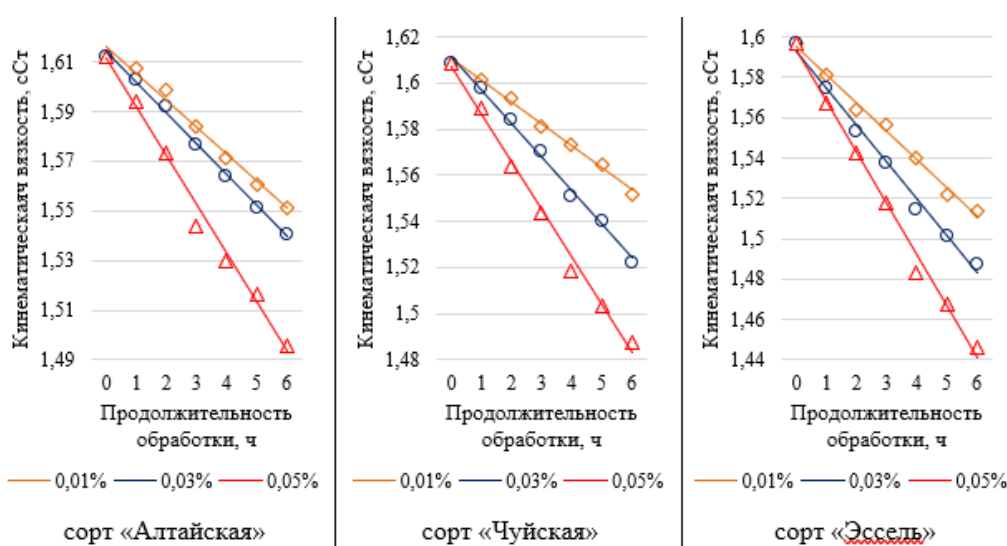


Рис. 1 – Влияние продолжительности ферментации на вязкость образцов соков

Как и ожидалось, наилучшие результаты были получены при использовании максимальной концентрации фермента Rapidase Clear равной 0,05% к массе обрабатываемого сока вне зависимо-



сти от сорта ягоды. Обработка ферментным препаратом сока из облепихи сорта «Эссель» показала наибольшую эффективность, что может быть обусловлено низкой масличностью ягод по сравнению с двумя другими сортами. В целом, применение ферментного препарата позволяет снизить вязкость обрабатываемого сока на 7,2–9,4 % по отношению к исходному значению.

На рисунке 2 представлена динамика содержания аскорбиновой кислоты в облепиховых соках при их ферментативной обработке препаратом Rapidase Clear в дозировке 0,05%.

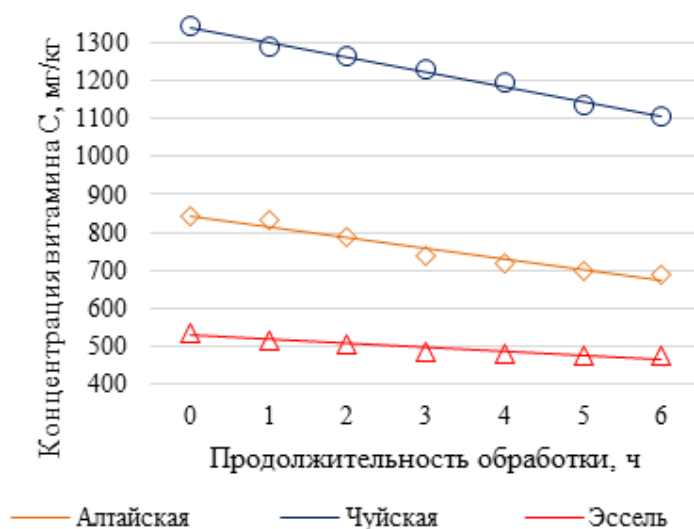


Рис. 2 – Влияние продолжительности ферментации на содержание аскорбиновой кислоты в образцах соков

Результаты исследований показывают равномерное снижение концентрации витамина С при ферментативной обработке соков в течение 6 ч при 45 °С. Для оценки влияния деградации аскорбиновой кислоты на оптические характеристики сока, образцы центрифугировали, пропускали через фильтр-картон для осветления, а затем проводили спектрофотометрическое исследование. Результаты представлены на рисунке 3.

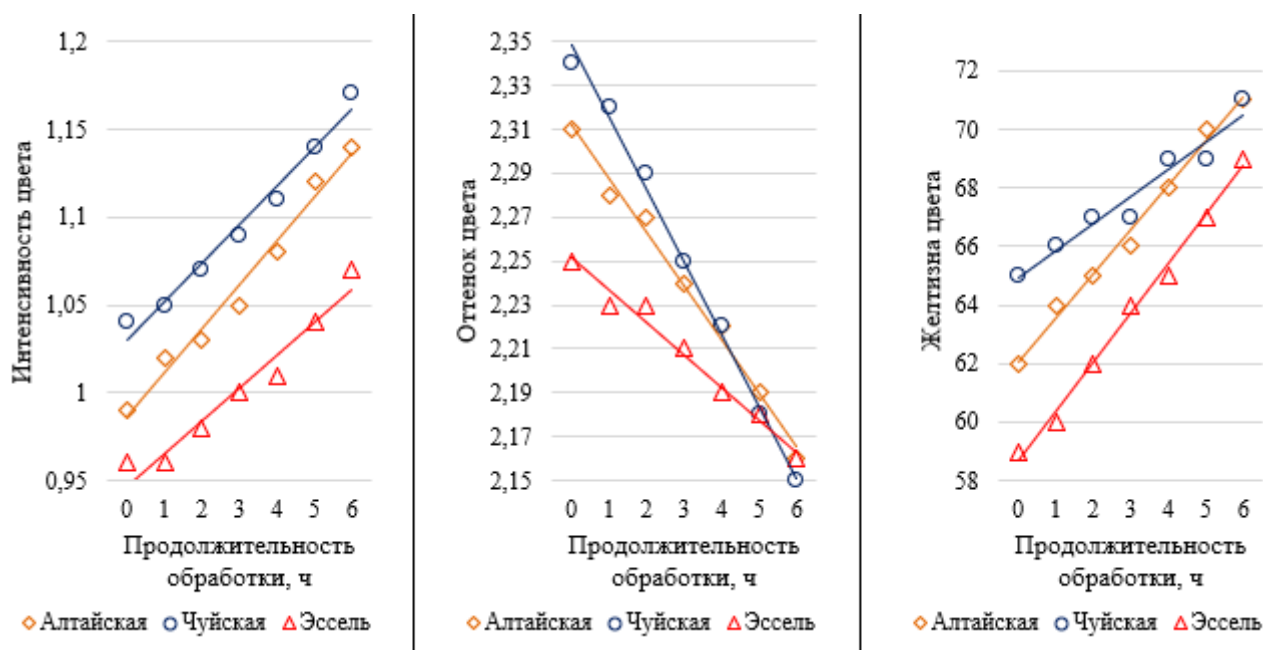


Рис. 3 – Влияние продолжительности ферментации на цветовые характеристики образцов сока

Таким образом, на данной стадии эксперимента была подтверждена взаимосвязь концентрации аскорбиновой кислоты в соке и цветовыми характеристиками. Так, с деградацией аскорбиновой кислоты происходит усиление интенсивности цвета пропорционально динамике снижения аскорбиновой кислоты, также увеличивается показатель желтизны цвета, что свидетельствует о приобретении образцами коричневых оттенков.

На следующем этапе исследования проводили обработку соков после ферментации 5%-ной суспензией бентонита в возрастающей концентрации от 1 до 3 г/дм<sup>3</sup>. После внесения бентонита образцы интенсивно перемешивали в течение 10 минут, затем выдерживали в течение 24 часов и определяли мутность образцов, долю образовавшегося осадка, а также концентрацию витамина С и оптические характеристики.

На таблице 2 показаны результаты осветления образцов облепиховых соков, обработанных ферментным препаратом Rapidase Clear в дозировке 0,05% масс.

Таблица 2

**Результаты осветления образцов облепиховых соков (n=3, M±m)**

Сорт	Показатель	Дозировка бентонита, г/дм <sup>3</sup> сока				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Алтайская	Мутность, ед. NTU	980±11,0	427±8,0	64,5±3,4	6,8±1,1	5,1±1,0
	Доля осадка, %	4,5±0,2	8,2±0,2	11,4±0,4	16,5±0,5	22,1±0,5
	Аскорбиновая кислота, мг/кг	689±8	623±11	577±7	518±6	488±12
Чуйская	Мутность, ед. NTU	1087,0±14,0	582,0±9,0	102,0±4,0	7,2±1,0	4,3±0,8
	Доля осадка, %	6,4±0,3	9,8±0,4	13,7±0,5	18,4±0,5	23,2±0,3
	Аскорбиновая кислота, мг/кг	1105±13	1025±8	67±3	874±4	796±8
Эссель	Мутность, ед. NTU	876,0±14,0	368,0±7,0	36,5±2,9	3,7±0,6	3,1±0,4
	Доля осадка, %	4,3±0,2	7,6±0,4	9,8±0,4	13,4±0,5	17,5±0,5
	Аскорбиновая кислота, мг/кг	472±11	428±8	411±6	376±5	355±5

Можно видеть, что использование предварительной обработки ферментным препаратом позволяет сократить дозировку бентонита при осветлении облепихового сока до 2,5 г/дм<sup>3</sup> для используемых сортов облепихи, что позволяет сократить экономические издержки при их изготовлении. Можно видеть, что общие потери витамина С на этой стадии производства составляют около 30 %. На рисунке 4 показан внешний вид облепихового сока по мере увеличения дозировки бентонита (слева-направо, сорт «Эссель»).

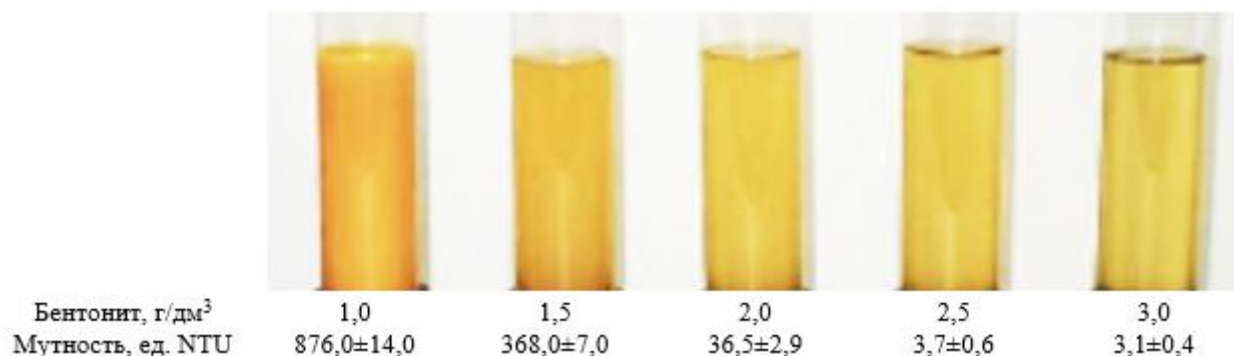


Рис. 4 – Внешний вид сока облепихи из сорта «Эссель» при осветлении

Как и в предыдущем случае, для определения цветовых характеристик перед спектрофотометрическим исследованием образцы соков отфильтровывали через фильтр-картон. Результаты исследований представлены на рисунке 5.

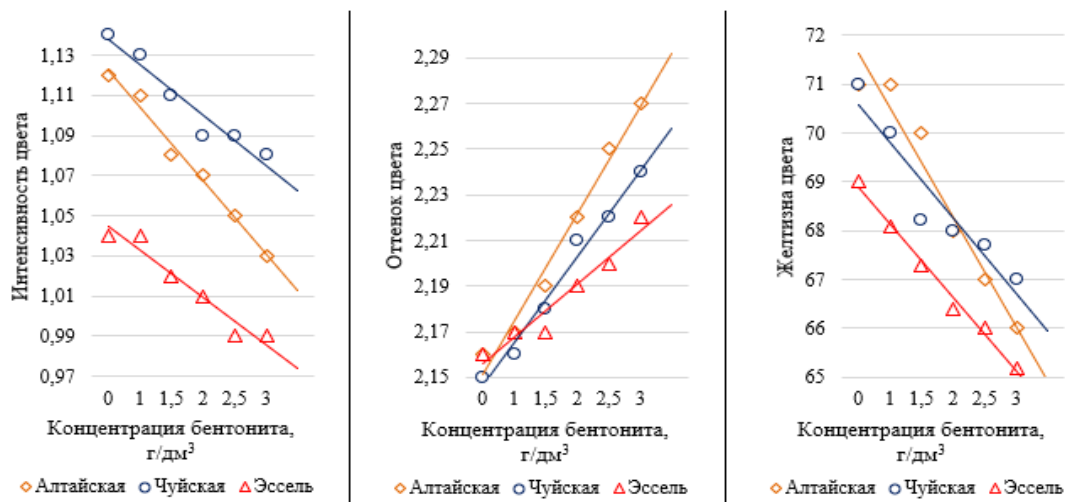


Рис. 5 – Влияние концентрации бентонита на цветовые характеристики образцов сока

Таким образом, обработка облепиховых соков бентонитом приводит к частичному восстановлению исходных цветовых характеристик сока, что, вероятно, объясняется избирательной сорбцией темноокрашенных соединений, образующихся при деградации аскорбиновой кислоты.

### Результаты и их обсуждение

Результаты, полученные в ходе проведенных исследований, подтверждают первоначальную гипотезу о влиянии концентрации витамина С на процесс потемнения облепихового сока при получении осветленного облепихового сока. Доказано, что несмотря на увеличение интенсивности коричневого тона облепихового сока при ферментной предобработке связанной с окислительной деградацией витамина С при повышенной температуре, последующая обработка бентонитом позволяет провести избирательную сорбцию темноокрашенных соединений, что позволяет компенсировать вклад окислительных процессов при ферментации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hricova, A., Fejer, J., Libiakova, G., Szabova, M., Gazo, J., and Gajdosova, A. 2016. Characterization of phenotypic and nutritional properties of valuable *Amaranthus cruentus* L. mutants. Turk J Agric For. 40: 761–771.
2. Sakar, E., Unver, H., Bakir, M., Ulas, M., and Sakar, Z.M. 2016. Genetic relationships among olive (*Olea europaea* L.) cultivars native to Turkey. Biochem. Genet. 54: 348–359.
3. Saridas, M.A., Kafkas, E., Zarifikhosroshahi, M., Bozhaydar, O., and Paydas-Kargi, S. 2016. Quality traits of green plums (*Prunus cerasifera* Ehrh.) at different maturity stages. Turk. J. Agric. For. 40: 655–663.
4. Solmaz, I., Kacar, Y.A., Simsek, O., and Sari, N. 2016. Genetic characterization of Turkish snake melon (*Cucumis melo* L. subsp. *melo flexuosus* group) accessions revealed by SSR markers. Biochem. Genet. 54: 534–543.
5. Biel, W., Jaroszewska, A., Łysoń, E., & Telesiński, A. W. The chemical composition and antioxidant properties of common dandelion leaves compared with sea buckthorn. Canadian Journal of Plant Science 97 (6), 1165-1174, (30 May 2017). <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0409>
6. Zakyntinos G, Varzakas T, Petsios D. Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides*) Lipids and their Functionality on Health Aspects. Curr Res Nutr Food Sci 2016;4(2). doi : <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.3.04>
7. Chang, S. K., Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2018). Superfruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects – A comprehensive review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1–25. doi:10.1080/10408398.2017.1422111

8. Kallio, H.; Yang, B.; Peippo, P. Effects of different origins and harvesting time on vitamin C, tocopherols, and tocotrienols in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) berries. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 6136–6142.
9. Koshelev, Yu.A., Ageeva L.D., Batashov, E.S., Sevodin, V.P., Rozhnov, E.D., Kuleshova, N.I. Sea buckthorn: Monograph. Biysk: Publishing house of Polzunov Altai State Technical, 2015. 410 p.
10. Teleszko, M., Wojdyło, A., Rudzińska, M., Oszmiański, J., & Golis, T. (2015). *Analysis of Lipophilic and Hydrophilic Bioactive Compounds Content in Sea Buckthorn (Hippophaë rhamnoides L.) Berries. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(16), 4120–4129. doi:10.1021/acs.jafc.5b00564
11. Adams, A., & Kimpe, N. D. (2009). *Formation of pyrazines from ascorbic acid and amino acids under dry-roasting conditions. Food Chemistry*, 115(4), 1417–1423. doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.071
12. KURATA, T., & SAKURAI, Y. (1967). *Degradation of L-Ascorbic Acid and Mechanism of Nonenzymic Browning Reaction. Agricultural and Biological Chemistry*, 31(2), 177–184. doi:10.1271/abb1961.31.177
13. The Maillard Reaction: Chemistry, Biochemistry and Implications By Harry Nursten (The University of Reading, Reading, U.K.). Royal Society of Chemistry: Cambridge. 2005. 214 pp.
14. Adams, A., Abbaspour Tehrani, K., Kersiene, M., Venskutonis, R., & De Kimpe, N. (2003). Characterization of model melanoidins by the thermal degradation profile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4338–4343.
15. Davies, C. G. A., & Wezicha, B. L. (1994). Ascorbic acid browning; the incorporation of C1 from ascorbic acid into melanoidins. *Food Chemistry*, 49, 165–167.
16. Rogacheva, S. M., Kuntcheva, M. J., Panchev, I. N., & Obretenov, T. D. (1999). Melanoidin formation in L-ascorbic acid alpha-amino acids interaction. A comparative study. *Nahrung-Food*, 43, 105–108.
17. Yu, M. H., Wu, M. T., Wang, D. J., & Salunkhe, D. K. (1974). Nonenzymatic browning in synthetic systems containing ascorbic acid, amino acids, organic acids and inorganic salts. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 7, 279–282.
18. Rozhnov, E., Kazarskikh, A., Shkolnikova, M. et al. Investigation of the conditions for the formation of 5-Hydroxymethylfurfural in the production of honey wines and sea-buckthorn wine drinks. *Research J. Pharm. and Tech.* 2019; 12(7):3501-3506
19. Damasceno, L. F., Fernandes, F. A. N., Magalhães, M. M. A., & Brito, E. S. (2008). *Non-enzymatic browning in clarified cashew apple juice during thermal treatment: Kinetics and process control. Food Chemistry*, 106(1), 172–179. doi:10.1016/j.foodchem.2007.05.063
20. Contreras-Calderón, J., Guerra-Hernández, E. and García-Villanova, B. Indicators of non-enzymatic browning in the evaluation of heat damage of ingredient proteins used in manufactured infant formulas. *Eur. Food Res. Technol.* 227, 2008, 117–124
21. Bharate, S.S. and Bharate, S.B. 2012. Non-enzymatic browning in citrus juice: Chemical markers, their detection and ways to improve product quality. *J. Food Sci. Technol.* 2014; 51(10): 2271–2288. doi: 10.1007/s13197-012-0718-8.
22. ГОСТ 13192-73. (с Изменениями № 1, 2, 3) Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров. Москва: Стандартинформ, 2011, 11 с.
23. ГОСТ 25555.0-82. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. Москва: Стандартинформ, 2009, 4 с.
24. Chaâbani, G., Tabart, J., Kevers, C., Dommès, J., Khan, M. I., Zaoui, S., ... Karray-Bouraoui, N. (2015). Effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid combined to 6-Benzylaminopurine on callus induction, total phenolic and ascorbic acid production, and antioxidant activities in leaf tissue cultures of *Crataegus azarolus* L. var. aronia. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(2) 1769-1778. doi:10.1007/s11738-014-1769-4
25. Teixeira N., Mateus N., de Freitas V., and Oliveira J. Wine industry by-product: Full polyphenolic characterization of grape stalks. *Food Chemistry*, 2018, vol. 268, pp. 110–117. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.070.
26. Vignault A., Gonzalez-Centeno M.R., Pascual O., et al. Chemical characterization, antioxidant properties and oxygen consumption rate of 36 commercial oenological tannins in a model wine solution. *Food Chemistry*, 2018, vol. 268, pp. 210–219. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.031.

27. Granato D., Shahidi F., Wrolstad R., et al. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: should weban *in vitro* screening methods. *Food Chemistry*, 2018, vol. 264, pp. 471–475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.012>.

28. Compendium of international analysis of methods – OIV Chromatic Characteristics. Method OIV-MA-AS2-11. Determination of chromatic characteristics according to CIELab. Available at: <http://www.oiv.int/public/medias/2478/oiv-ma-as2-11.pdf>.

29. Compendium of international analysis of methods – OIV Chromatic Characteristics. Method OIV-MA-AS2-07B. Chromatic Characteristics. Available at: <http://www.oiv.int/public/medias/2475/oiv-ma-as2-07b.pdf>.

30. Чумичев А.И., Баташов Е.С., Кошелев Ю.А., Севедин В.П. Осветленный сок - продукт комплексной переработки облепихи // Пиво и напитки. 2009. №4. С.34-35.

## **STUDY OF THE STABILITY OF ASCORBIC ACID IN THE TECHNOLOGY OF SEA BUCKTHORN JUICES**

Rozhnov Evgeny Dmitrievich, cand. tech. sci., Associate Professor, Department of Biotechnology  
Neklyudov Anton Andreevich, Graduate Student of the Biotechnology Department;  
Kazarskikh Alexey Olegovich, Graduate Student of the Biotechnology Department

Biysk Technological Institute (branch) of the Altay State Technical University,  
Biysk, Russia, e-mail: red@bti.secna.ru

*The experiment studied the effect of technological operations on the content of ascorbic acid in the technology of clarified sea buckthorn juice - pretreatment with the enzyme preparation Rapidase Clear (at a dosage of 0.01% to 0.05% by weight for 6 hours at  $T = 45^{\circ}C$ ) and bentonite. The loss of ascorbic acid in this case is from 12.0 to 18.5% compared to its content in the original juice. It was found that with the destruction of ascorbic acid, the intensity of the color of the sea buckthorn juice increases in proportion to the dynamics of its decrease, the yellowness of the color increases, which indicates the acquisition of brown shades by the samples.*

УДК 664.91:664.959.5

## **АНАЛИЗ РЫНКА МЯСНЫХ ПАШТЕТОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ**

Степанова Ксения Алексеевна, магистрант  
Байдалинова Лариса Степановна, доцент, канд. техн. наук,  
профессор кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: little\_ksenia.1997@mail.ru; larisa.baydalina@klgtu.ru

*Рассмотрена история появления мясных пащетов, изменение их рецептуры с начала двадцатого века до наших дней. Проведен анализ современного рынка пащетов в Калининградской области, определены предпочтения потребителей, которые необходимо учитывать при создании новых видов пащетов. Показана возможность обогащения мясных пащетов кальцием, рассмотрены различные источники кальция и обоснован оптимальный вариант обогащения мясных пащетов белково-минеральным комплексом из вторичного рыбного сырья. Показано, что современные рецептуры пащетов могут быть одновременно деликатесными, полезными и функциональными.*

Начиная разработку рецептур новой продукции всегда полезно ознакомиться с уже имеющимся опытом производства аналогичных продуктов, оценить достоинства рецептур и возможность их использования. В производстве продуктов минувших лет можно найти много интересных вариантов.

Паштет (нем. Pastete «паштет», «пирожок») – это фарш из мяса, дичи, печени, яиц, грибов, трюфелей и других компонентов, приготовленный особым образом. На звание родины паштета претендует не только Германия, но и Франция. Знаменитый Страсбургский пирог был создан в 1782 году в одноименном городке Франции. Однако немецкое производство оказалось гораздо обширнее французского, и опыт колбасного производства россияне переняли именно у немцев.

С XVIII века рецептуры паштетов в России претерпели значительные изменения. В Советском Союзе паштет был продуктом дефицитным, однако его включали в рационы солдат советской армии в связи с его высокой энергетической ценностью. Со временем рецепт приготовления паштета видоизменился, расширилась область его применения в кулинарии. Сегодня в соответствии с ТР ТС 034/2013 [1] производители различают паштеты и паштетные консервы:

– паштет – колбасное изделие из термически обработанных ингредиентов, имеющее мажущую консистенцию;

– паштетные консервы – консервы в виде вязкопластичной однородной массы мажущейся консистенции или массы мажущейся консистенции с включениями, изготовленные из мясных и немясных ингредиентов с добавлением пищевых субпродуктов.

С целью выбора направления развития технологии новых видов мясных паштетов нами был проведен анализ материалов по истории их производства в России. К началу XX века во времена царской России было известно множество оригинальных рецептур паштетов. Но в «Руководстве для рациональной фабрикации колбас» [2] 1909 года латвийский управляющий колбасной фабрики Э. Реттиг отмечает, что до этого времени 70 % мастеров колбасного производства были немцы, русские только начинали интересоваться данным видом промышленности. Руководство было составлено для российских коллег на основе изученных автором рецептур Америки, Франции, Германии и собственного опыта.

Первоначально паштеты выпекали в жестяных или глиняных формах, предварительно смазанных жиром или выложенных тонкими полосками сала. Также заливали топленным салом уже готовый паштет.

Готовили Нежный ливерный паштет с воловьей (или свиной) печенью: 10 фунтов (1 фунт – 453,6 г) воловьей (или свиной) печени нарезают, ошпаривают, затем мелко измельчают с 1 фунтом лука. При желании к печени добавляют анчоусы и 2-4 селедки. Далее измельчают 10 фунтов сала, добавляют 1 фунт пшеничной муки, 4-5 яиц. Для нежности вносят сливки или молоко (1 штоф – 1,23 л).

Для приготовления Дешевого ливерного паштета брали 10 фунтов печени, 10 фунтов сала, 2 фунта муки, 2 штофа молока, или также 10 фунтов печени, 10 фунтов сала, 5 фунтов вареной толстой кожи, 2,5 фунта муки, 3 штофа молока.

Наиболее известным видом паштета является «Старобургский пирог», который имел большое количество рецептур. В фарш помимо свинины и гусяной печени добавлялся шпик, мозги, яйца. Вместо трюфелей или одновременно с ними добавляли шампиньоны и раковые шейки. Вместо гусяной печени вводили мясо любой дикой птицы (куропатки, глухаря, тетерева, рябчиков).

А вот пример Штрасбургского гусяного ливерного паштета: 5 фунтов тощей свинины и 5 фунтов жирной свинины мелко рубили, добавляли 3 поджаренных шарлоты (луковицы), 1 золотник (4,26 г) сушеных измельченных шампиньонов. Пряности: 2 золотника белого перца, 1,5 – мускатного ореха, 1 – тимьяна, 0,5 – майорана, 0,5 – мускатного цвета, 0,5 – гвоздики, 0,5 – паприки, 0,5 – имбиря.

Сначала на дно формы выкладывали слой паштетной смеси, затем нарезанную ломтиками печень с кусочками трюфеля, и так слоями. Следует обратить внимание, что вопреки устойчивому мнению, в рассматриваемых рецептурах пирог запекается без теста.

Для Паштета итальянского: 5 фунтов сырой свиной печени, 1 фунт вареной телячьей печени, 0,5 фунта свинины, 8 фунтов сала, 5 лот. сырого лука (1 лот. – 12,8 г), 5 лот. сарделек (сардин). Все мелко измельчают и прибавляют 12 лот. соли и 1,5 лот. белого перца, 3 яйца, молоко и муку.

В 1911 году было переведено с немецкого языка и выпущено руководство «Колбасное производство промышленное и домашнее» [3], автором которого является Ф. Эпнерь, главный технолог колбасного производства.

По его руководству для приготовления Мясного паштета брали 2 кг молодой и 1 кг жирной свинины, 2 кг телятины, 1 кг говядины и 0,5 кг анчоусов. Приправа: 150 г соли, 100 г каперсов, 50 г молотого белого перца, по 1 г кардамона и мускатного цвета, сок 1 лимона, 6 желтков и немного тертого сухаря. При запекании паштет обильно смазывали маслом и посыпали сухарем.

Ливерный паштет: 5 кг свиной печени, 5 кг мяса свиной лопатки тонко измельчали, добавляли 100 г пшеничной муки и 6 яиц. Приправа: 125 г соли, 90 г молотого белого перца, 50 г лука, 20 г корня петрушки, сок 0,5 лимона, по 1 ч.л. тимьяна, гвоздики и мускатного цвета. Паштет покрывали топленным салом и запекали 2 часа.

Итальянский ливерный паштет: 1,5 кг свиной печени, по 0,5 кг нежирной и жирной свинины тонко измельчали. Приправа: 50 г соли, 15 г молотого белого перца, 6 желтков. Дополнение: 1,5 кг гусяной печени, 100 г трюфелей. Дополнение идет слоями между фаршем. Можно заметить, что технология приготовления аналогична технологии Старобургского пирога.

Для приготовления Паштета из языков свиные, телячьи и бараньи языки варили в соленой воде, снимали кожу, рубили на мелкие кусочки. Приправа: рубленый шпик, соль, сахарная пудра, мелкий изюм, рубленый миндаль, толченый перец, корица, лимонная цедра.

Колбасный паштет: 3 кг свинины, 0,5 кг телятины. Приправа: 75 г соли, 15 г перца, щепотка кардамона, лимонная цедра, 2 желтка, 1 чашка воды. Размешивали 5 минут, набивали в бараньи кишки, перевязывали на сосиски и обвяливали на воздухе в течение суток. Сосиски завертывались в слоеное тесто и запекались.

Интересно, что в источнике 1901 года [4] паштет, аналогичный представленным выше рецептурам, называют сыром из дичи («Итальянский сыр» во французской кулинарии).

До настоящего времени доля паштетов в ассортименте мясных продуктов остается незначительной. Не смотря на высокий уровень развития мясной промышленности в Калининградской области, на прилавках магазинов обычно встречается не более трёх наименований мясных паштетов от местных производителей. При этом паштеты пользуются популярностью у потребителей как высококалорийный готовый к употреблению продукт, который может выступать в качестве альтернативы мясу и колбасной продукции.

В Калининградской области действует более 20 колбасных производств, среди которых только 6 занимаются выпуском паштетов:

– ООО «Калининградский деликатес» выпускает Паштет Деликатесный, Паштет Калининградский.

– АО Мясокомбинат «Гвардейский» изготавливает Паштет домашний сливочный, Паштет печеночный.

– ООО «Мираторг Запад» производит Паштет по-домашнему, Паштет с копченым беконом, Паштет с творожным сыром и шпинатом, Паштет мясной с грушей, Паштет с черносливом и арахисом.

– ООО «Поречье» вырабатывает Паштет мясной «Вкусняшка».

– ООО «Балтийский продукт», компания «Альмак», предлагают покупателям Паштет «К чаю».

– ООО КМПЗ «Балтпроммясо» имеет следующий ассортимент паштетов: Паштеты из утиной, индюшиной, куриной, говяжьей и свиной печени, Паштет мясной пикантный, Паштет мясной с ароматом копченостей, Паштет мясной с грибами.

Паштеты на прилавках торговой сети в основном представлены в низком ценовом сегменте, средняя цена составляет 25 рублей за 100 г паштета. Паштеты торговой марки «Мираторг» относятся к средней ценовой категории – 100 г можно приобрести примерно за 55 рублей. Паштеты продаются в упаковках наиболее удобной массы – от 100 до 180 г.

При имеющемся ассортименте паштетов представляется целесообразным использовать технологию паштетов для производства продукции с функциональными свойствами, потребность в которой высока в связи с фактами снижения здоровья населения нашей страны при недостаточно рациональном питании. Удобство технологии заключается в том, что паштетная масса представляет собой тонкоизмельченный материал, в котором можно без труда распределить различные активные ингредиенты.

Важным этапом создания нового вида продукта является предварительное определение потребительских предпочтений в данной области. Для определения предпочтений потребителей было проведено анкетирование 86 респондентов, жителей Калининградской области, среди которых

женщины и мужчины составили соответственно 53,5 % и 46,5 %. Проведен анализ представленных ниже результатов опроса и выявлены перспективные направления по созданию технологии и рецептур новых видов паштетов.

Вы употребляете паштеты? Как часто?

86 ответов

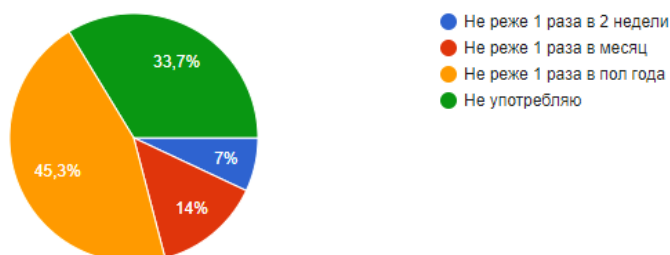


Рис.1. Распределение респондентов по частоте употребления паштетов

Какой паштет Вы предпочитаете?

81 ответ

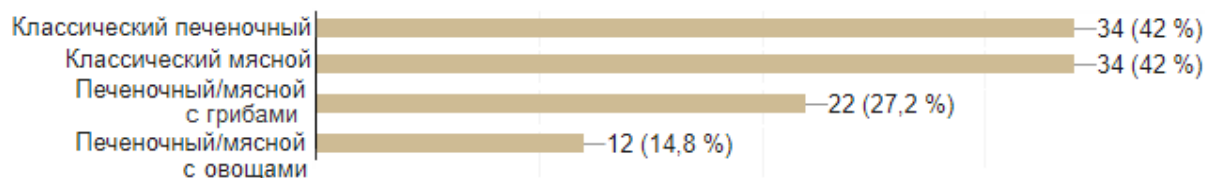


Рис. 2. Потребительские предпочтения по виду паштетов

Какой торговой марке Вы отдаёте предпочтение при выборе паштета?

81 ответ

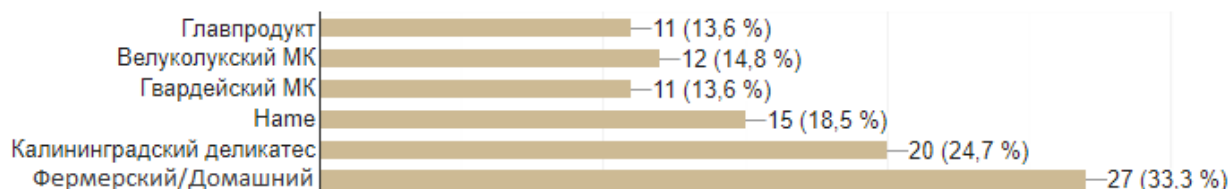


Рис. 3. Потребительские предпочтения паштетов различных производителей

Какой вид упаковки паштетов Вас привлекает?

86 ответов

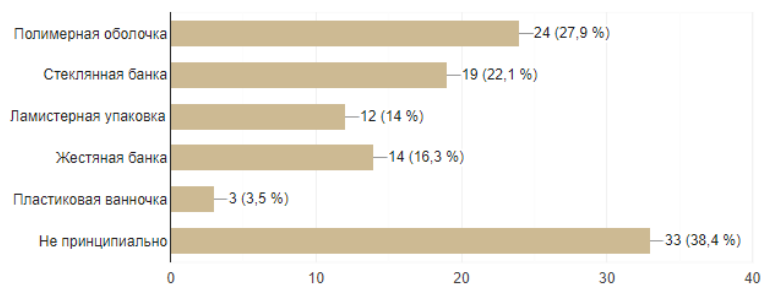


Рис. 4. Предпочтения респондентов по виду потребительской упаковки паштетов



По диаграмме, представленной на рисунке 1, можно отметить, что паштет пользуется высоким спросом более чем у 20 % населения Калининградской области. При этом большой процент потребителей тяжело принимает новые виды продукции и склоняется к традиционным, знакомым с детства видам. В нашем случае 50 % респондентов отдали предпочтение классическим мясному и печеночному паштетам. На втором месте оказались паштеты с грибами, а вот к мясосодержащим продуктам (паштеты с овощами) у наших потребителей сложилось менее позитивное отношение. Возможно, это связано с узким ассортиментом подобной продукции на рынке и недостаточным знакомством с ней.

Лидером по производству паштетов в нашей области на протяжении многих лет является местный изготовитель ООО «Калининградский деликатес», ему отдают предпочтение почти 30 % потребителей. С нашим производителем не смогла соперничать и оказалась на втором месте популярная московская торговая марка «Name», в ассортименте которой насчитывается около 100 видов паштетов. В результате опроса был выявлен важный факт, что почти 40 % потребителей предпочитают масс-маркету паштеты фермерского или домашнего производства. Сегодня грамотность, а значит и требовательность покупателей растет. Полученный результат свидетельствует о недовереии, неудовлетворенности покупателей качеством выпускаемой продукции.

Интересно, что при выборе вида упаковки паштетов потребители также довольно консервативны. На первом месте у жителей нашей области оказалась привычная полимерная оболочка, продукции в виде батончиков в полимерной оболочке отдали предпочтение почти 30 % опрошенных. На втором месте в рейтинге оказалась стеклянная банка, которая всегда привлекает потребителя своей «прозрачностью» и часто ассоциируется с высоким ценовым сегментом рынка. Следует обратить внимание, что для многих потребителей, чаще всего мужчин, вид упаковки не имеет значения. Поэтому в данном направлении производитель может ориентироваться на собственные предпочтения. Данное примечание необходимо в случае аутсайдеров рейтинга: термостойких ламистерной и пластиковой упаковок.

Ламистерная упаковка – это порционные лотки из прочной алюминиевой фольги, ламинированной изнутри полипропиленовой пленкой. Такая упаковка выдерживает нагрев до 125 °С. Ламистерная и пластиковая виды упаковки выгодно отличаются своей легкостью, низкой ценой, удобством на всех этапах производства и эксплуатации. Паштет, упакованный в ламистер и герметично запаянный, после стерилизации может храниться 2-3 года при комнатной температуре. За счет высокой теплопроводности ламистерная упаковка позволяет уменьшить продолжительность стерилизации, соблюдая при этом все технологические требования к процессу производства консервов. В результате снижается потребление электроэнергии и период воздействия высоких температур на пищевой продукт, что может способствовать снижению себестоимости и повышению биологической ценности готовой продукции.

Целью настоящей работы стало создание технологии паштета повышенной биологической ценности. В качестве обогащающего компонента был выбран кальций. Данный макроэлемент имеет высокую рекомендуемую суточную дозу потребления и часто является дефицитным, особенно при гормональных нарушениях и несбалансированном питании. Кроме того, мясная продукция отличается высоким содержанием фосфора при низком содержании кальция с соответствующим соотношением 15:1, в то время как рекомендуемое соотношение составляет 1:1.

Следует помнить, что многие факторы способны оказывать негативное влияние на усвояемость организмом кальция. Во-первых, это дозировка кальция и взаимодействие с сопутствующими веществами: жирами, белками, лимонной кислотой, лактозой, магнием, фосфором, калием, витаминами D и K<sub>2</sub>. Во-вторых, это особенности физиологии и образа жизни. Кальций всасывается хуже при низкой кислотности желудка, в связи с чем возможно отложение неусваиваемых солей в организме. А умеренная физическая активность и отсутствие стрессов являются необходимыми условиями для нормального функционирования всех систем организма.

С целью нормализации минерального состава мясопродуктов по содержанию кальция можно использовать:

- мясо механической дообвалки, получаемое при сепарировании или прессовании говяжьих или свиных костей (ММД) и мясо механической обвалки птицы (ММО). Установлено, что добавление ММД и ММО в количестве до 20 % позволяет обеспечить физиологически оптимальное со-

отношение в мясопродуктах кальция и фосфора, а также повысить содержание магния, железа, цинка и меди в 2-3 раза;

- белково-минеральную добавку, получаемую из ног цыплят-бройлеров и отходов рыбного производства. Рекомендуется введение добавки в количестве 5-10 % к массе сырья;
- яичную скорлупу, 90-95 % которой составляет карбонат кальция;
- кальциевые добавки: глюконат, глицерофосфат, лактат, цитрат и другие соли кальция.

Дополнительными источниками кальция в паштете могут быть молоко питьевое или сухое, а также зелень (петрушка, укроп, сельдерей).

Преимуществом ММО является его невысокая стоимость. Качество данного продукта нормируется по ГОСТ 31490-2012 [5] и напрямую зависит от качества и свежести исходного сырья, а также технологических режимов его обработки. Но сегодня производитель имеет возможность выпускать продукцию по собственным внутренним документам, без гарантии постоянства состава и свойств поставляемого сырья. Таким образом, задача технолога колбасного производства при использовании ММО усложняется. Наиболее серьезной проблемой является микробиологическая устойчивость ММО. Причем бактериальная обсемененность куриного ММО зачастую выше, чем говяжьего или свиного. Хранимоспособность подобного фарша снижается за счет перехода в него измельченного костного мозга, который содержит прооксиданты (железо, магний, медь), активизирующие окисление жировой фракции. Также значительную роль играют высокое содержание мясного сока и высокое значение рН, благоприятные для развития микрофлоры [6].

Самой низкой ценой и самой низкой усвояемостью характеризуется карбонат кальция. По этой причине кальций яичной скорлупы не рекомендуется употреблять лицам с низкой кислотностью желудка, а в противном случае следует смешивать скорлупу с лимонным соком с целью образования цитрата кальция. Цитрат кальция обладает самой высокой и легкой усвояемостью, поэтому необходимо внимательно соблюдать дозировки при употреблении данной добавки.

Популярный источник кальция в пищевой промышленности – лактат кальция, который входит в группу пищевых добавок с антиоксидантными свойствами (Е327). Данная пищевая добавка содержит всего 13 % кальция, но хорошо усваивается и может быть противопоказана лишь лицам с непереносимостью лактозы.

Оптимальными формами добавок являются гидроксиапатит и хелаты кальция (соединения кальция с аминокислотами). Эти формы можно рекомендовать всем без исключения группам населения. Гидроксиапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  составляет основу костной ткани человека, и за счет биосовместимости добавка такой формы имеет максимальную усвояемость. Таким образом, белково-минеральные добавки из отходов птице- и рыбоперерабатывающих производств являются оптимальным по усвояемости и недорогим вариантом для обогащения мясных продуктов питания.

На данном этапе целесообразно вернуться к началу статьи и вспомнить основные виды сырья, которые использовались в первых традиционных паштетах. Современный потребитель сильно удивится, узнав, что обычным компонентом мясного паштета тех времен являлась рыба (сельдь и анчоусы). Такие паштеты являлись деликатесом, и сегодня производитель может найти альтернативные бюджетные варианты старинных рецептур.

Калининградская область является лидером по производству рыбных консервов в России. «Золотом Балтики» называют наши консервы из копченой кильки и салаки «Шпроты в масле». Из сардинеллы, сардины, скумбрии и сайры вырабатывают натуральные рыбные консервы с добавлением и без добавления масла, а также в томатном соусе. Предприятиями области выпускается более 40 миллионов условных банок шпрот в год. А совокупный годовой объем производства всех видов консервов составляет более 180 миллионов условных банок [7].

Ежегодно на рыбоперерабатывающих предприятиях области накапливается до 20 тысяч тонн вторичного рыбного сырья, которое направляется на выработку кормовой продукции либо утилизируется. При этом хорошо известно, что данное сырье обладает высокой пищевой и биологической ценностью.

При создании нового вида мясного паштета основным обогащающим компонентом рецептуры стал белково-минеральный комплекс (БМК) из голов кильки горячего копчения, отхода производства консервов вида «Шпроты в масле». Для получения белково-минерального комплекса измельченные головы копченой кильки смешивают с водой в соотношении 1:1 и подвергают тер-

могидролизу. После гидролиза массу центрифугированием в течение 10 минут разделяют на три фракции: протеиновую, жировую и белково-минеральную. Белково-минеральный комплекс в виде плотного остатка высушивают при 60 °С. После сушки массу подвергают тонкому измельчению. Белково-минеральный комплекс представляет собой рассыпчатый, тонкоизмельченный порошок серо-коричневого цвета, негигроскопичный.

Сравнение химического состава исходного сырья и белково-минерального комплекса из него, общего содержания минеральных компонентов, определяемых в образцах методом озоления, представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Химический состав голов кильки горячего копчения и белково-минерального комплекса из них, %**

Объект	Влага	Белок	Жир	Минеральные вещества (зола)
Головы кильки горячего копчения	61,08	18,11	15,79	5,07
Сухой белково-минеральный комплекс	10,95	53,89	16,58	16,64

По данным таблицы 1 можно заключить, что содержание минеральных веществ в белково-минеральном комплексе высокое и в три раза превосходит их содержание в исходном сырье. Определение содержания кальция в соответствии с ГОСТ 26570-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция» [8] показало, что содержание кальция в белково-минеральном комплексе составило в среднем 10 %. На основании полученных данных проведен расчет оптимальной дозировки обогащающей добавки при разработке рецептур с целью обеспечения функциональности продукта. Установлено, что внесение 5 % белково-минерального комплекса обеспечивает порядка 20 % суточной потребности человека в кальции при употреблении паштета в количестве 50 г в сутки.

При подборе оптимальной рецептуры обогащенного мясного паштета подготовка опытных образцов проводилась с использованием для формования батончиков полимерной оболочки. В качестве основного сырья была выбрана куриная печень и мясо различных частей тушки цыпленка-бройлера. В качестве дополнительных компонентов в рецептуру паштетов вводились мука пшеничная, молоко сухое, белково-минеральный комплекс, лук репчатый, кожа курицы в качестве жирового сырья, а также соль пищевая, сахар и специи. В образцах варьировалось содержание куриной печени – от 40 % до 60 % к массе паштета и белково-минерального комплекса – от 2,5 % до 5,5 %. Органолептический анализ образцов показал, что в рецептуре паштетов нежелательно использовать более 40 % печени в связи с появлением привкуса горечи, а обогащающая добавка из голов копченой кильки, вводимая в количестве более 5 %, придает продукту излишний специфический аромат и привкус копченостей. Белково-минеральная добавка дает пашкету серо-коричневый цвет с заметными мелкими включениями и не оказывает отрицательного влияния на его консистенцию.

По результатам опроса потребители отдают предпочтение паштетам в полимерной оболочке, в виде которых были представлены опытные образцы, а также паштетным консервам в стеклянных банках. Паштетные консервы в стеклянных банках обладают особой эстетикой и могут останавливать потребителей только своей ценой. При этом консервы имеют значительный срок годности в сравнении с другими видами упаковки и способами производства, за счет чего происходит сокращение издержек и окупается дороговизна стеклянной упаковки. Следует отметить, что функциональные продукты трудно отнести к категории продуктов массового потребления и их оформление (упаковка, дизайн) требует особого подхода.

Старинные поваренные книги всегда будут являться источником вдохновения для новых поколений технологов. В них можно найти как привычные нашему времени простые и сытные рецептуры, так и более изысканные, которые постепенно возвращаются на наш рынок в виде паштетов класса «Премиум». В ходе данной работы были определены предпочтения потребителей Калининградской области в отношении мясных паштетов, выявлены наиболее выгодные направления для создания новых видов паштетов. Предложена рецептура паштета, который не только явля-

ется функциональным по содержанию кальция, но и перекликается со старинными деликатесными рецептурами по сырьевому составу, в том числе по использованию рыбного сырья для деликатесных паштетов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 034/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции»/ Совет Евразийской экономической комиссии. – от 9 октября 2013 года № 68.
2. Реттигъ, Э. Руководство для рациональной фабрикации колбас. – Рига: Типо-литография Б. Серенсен и Ко, 1909.
3. Эпнеръ, Ф. Колбасное производство промышленное и домашнее. – СПб, 1911. – 140 с.
4. Игнатъев, М. А., Симонов Л. Н. Французское колбасное производство: способы приготовления французских колбасных продуктов. Прибавление: о вредных и подозрительных колбасных продуктах и о способах их распознавания. – СПб.: Издание д-ра Л.Н. Симонова, 1901. – 188 с.
5. ГОСТ 31490-2012 Мясо птицы механической обвалки. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
6. Абдуллаева, А. М. Микробиологический мониторинг коммерческих полуфабрикатов из мяса птицы // Вестник РУДН, 2017. – №4. – С. 350-358.
7. Калининградская область в цифрах. 2019. Статистический сборник в 2 т. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области (Калининградстат). – Калининград, 2019. – Т. 2. – 185 с.
8. ГОСТ 26570-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. – Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2003. – 14 с.

## ANALYSIS OF THE MEAT PATE MARKET AND WAYS TO INCREASE THEIR BIOLOGICAL VALUE

Stepanova Ksenia Alekseevna, student

Baydalinova Larisa Stepanovna, Assistant Professor, Candidate of Technical Sciences,  
Professor of the Department of Food Biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,  
e-mail: little\_ksenia.1997@mail.ru; larisa.baydalinova@klgtu.ru

*The history of the emergence of meat pates, the change in their recipe from the beginning of the twentieth century to the present day is considered. The analysis of the modern market of pates in the Kaliningrad region is carried out, the preferences of consumers are determined, which must be taken into account when creating new types of pate. The possibility of enriching meat pates with calcium is shown, various sources of calcium are considered, and the optimal option for enriching meat pates with a protein-mineral complex from secondary fish raw materials is substantiated. It has been shown that modern recipes for pates can be both delicious, healthy and functional.*

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕВАТЕЛЬНОГО МАРМЕЛАДА НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ямченко Татьяна Витальевна, магистрант

Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*Сахаристые кондитерские изделия, чьим представителем является мармелад, пользуются большой популярностью среди потребителей. За последние несколько лет потребность в данном продукте увеличивается. Результатом анализа литературы является разработка технологии производства мармелада с использованием нетрадиционного для данного продукта сырья. Основой является стандартная технология производства жевательного мармелада на агаре. Для обогащения нового мармелада в качестве основы было выбрано лекарственное растительное сырьё, служащее источником биофлавоноидов, а также пшеничные отруби – источник пищевых волокон. Конечным результатом исследования является расширение ассортимента мармеладных изделий, а также создание полезного продукта.*

### Введение

Для поддержания здорового образа жизни людям необходимо поддерживать полноценную работу всех систем организма.

Пищеварительная система – это одна из систем органов, выполняющая важную роль в поддержании здоровья человека и хорошего самочувствия. Через пищеварительный тракт осуществляется отбор и извлечение необходимых для организма веществ, и превращение их в форму, доступную для усвоения тканями [1].

Однако, в связи с ухудшением образа жизни населения и рядом неблагоприятных окружающих факторов, у людей наиболее часто стали встречаться заболевания желудочно-кишечного тракта. Наиболее часто встречающимися заболеваниями являются различные виды воспалений, при которых происходит поражение и повреждение клеток. Повреждение клеток ЖКТ начинается с воздействия на микрофлору и повреждения слизистых оболочек, что во многом зависит от питания [2].

Помимо заболеваний ЖКТ, одними из самых распространённых заболеваний современности также являются заболевания сердечно-сосудистой системы.

Сердечно-сосудистая система обеспечивает все процессы метаболизма в организме человека и является компонентом различных функциональных систем, определяющих гомеостаз. В состав сердечно-сосудистой системы входит сердце и кровеносные сосуды [3]. Самыми важными сосудами являются капилляры.

Капилляры представляют собой тончайшие, почти прозрачные кровеносные сосуды. Они способны доставить кровь, питательные вещества и кислород в самые удалённые уголки нашего тела. Если прекращается капиллярное кровообращение в какой-то части тела, там прекращается приток кислорода и питательных веществ, и ткани начинают отмирать. Поэтому считается, что капилляры выполняют намного важную роль, чем крупные сосуды [4]. В связи с этим, у капилляров для обеспечения функциональности должны быть плотные, но тонкие стенки, иначе они теряют способность транспортировать и принимать питательные вещества для клеток [5].

Одной из главных задач реализации Государственной политики в области здорового питания является разработка, производство и реализация пищевых продуктов, которые оказывали бы благоприятный эффект на функции систем органов, а также являлись бы дополнительным средством профилактики различных заболеваний [6].

В связи с чем, вопрос о создании пищевого продукта, который бы благотворно влиял на

желудочно-кишечный тракт и служил средством для укрепления стенок капилляров в качестве дополнительной профилактики, в современном мире является актуальным.

Кондитерская отрасль является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей пищевой промышленности. Из всего разнообразия кондитерских изделий особое предпочтение покупатели отдают мармеладу, конфетам и зефиру, относящихся к группе сахаристых изделий.

Мармелад имеет ряд преимуществ перед другими изделиями – невысокая цена, низкая калорийность, способность связывать и выводить токсины из организма. Сейчас на потребительском рынке этот вид продукции выпускается в широком ассортименте [7].

По прогнозам BusinessStat, в ближайшие пять лет продажи жевательного мармелада будут ежегодно расти на 0,8-6,1% и составят 44,3 тыс. т в 2020 г. Росту спроса на жевательный мармелад поспособствует дальнейшее расширение ассортимента со стороны производителей и интенсификация маркетинговых мероприятий по продвижению продукции [8].

Также летом 2018 года холдинг "Ромир" изучил тенденции на рынке современных кондитерских изделий. Выяснилось, что с мая 2017 г. по май 2018 г. мармелад разных марок стали покупать больше на 18% [9].

Из приведённых данных можно сделать вывод о том, что в будущем производство и спрос на мармелад будет расти. Поэтому существует потребность создавать новые виды данной продукции. Но делается это не только с точки зрения увеличения ассортимента мармеладных изделий на рынке кондитерской продукции, а также для создания новых продуктов, которые будут не только вкусными, но и являться средством дополнительной профилактики заболеваний и поддержания здоровья организма.

### **Результаты научных исследований**

Мармелад – это сахаристое кондитерское изделие студнеобразной консистенции, имеющее определенную заданную форму, получаемое увариванием желирующего фруктового или овощного сырья или раствора студнеобразователя с сахаром, с добавлением или без добавления патоки, пищевых добавок и ароматизаторов. Данное изделие имеет свою классификацию и одним из видов мармелада является жевательный мармелад.

Жевательный мармелад – мармелад жевательной консистенции, массовая доля влаги в котором составляет не более 22% от массы кондитерского изделия [10].

Традиционно мармелад производится на основе фруктового, ягодного или овощного сырья, обладающего желирующими свойствами. Но за последние годы у потребителей вырос интерес и спрос на здоровое питание. Мармелад имеет довольно простую рецептуру, что даёт производителям возможность создавать новые рецептуры и виды данного продукта.

На сегодняшний день существует множество способов и технологий производства мармелада, в рецептуре которых может быть включено и нетрадиционное сырьё, обладающее полезными свойствами, добавление которого в состав мармелада активно исследуется.

В данной работе при производстве мармелада было выбрано нетрадиционное сырьё, а именно лекарственное растительное сырьё: шалфей лекарственный, горец птичий, ромашка аптечная и Melissa лекарственная – как источник биологически активных веществ, в первую очередь биофлавоноидов. В качестве дополнительного обогащающего компонента были выбраны пшеничные отруби, являющиеся источником пищевых волокон, способствующих нормализации работы кишечника, и служащие «пищей» кишечной микрофлоры.

Для того, чтобы консистенция мармелада получилась более плотная в качестве желирующего агента выбран агар-агар, поскольку он является одним из самых сильных желирующих агентов по сравнению с остальными. Для повышения вкусовых характеристик в технологии получения мармелада используется сахар, а поверхность покрывается тёмной шоколадной глазурью.

### ***Биофлавоноиды – биологически активные вещества растений***

Биофлавоноиды (флавоноиды) – это крупнейший класс растительных полифенолов, содержащихся в высших растениях [11].

Флавоноиды широко распространены в растительном мире. Находятся в различных органах, но чаще в надземных: цветках, листьях, плодах; значительно меньше их в стеблях и подземных органах (солодка, шлемник байкальский, стальник полевой). Содержание флавоноидов в рас-

тениях различно: в среднем 0,5-5%, иногда достигает 20% (в цветках софоры японской) [12].

Флавоноиды широко распространены в еде и напитках растительного происхождения, их много в цедре citrusовых, луке, зелёном чае, красных винах, пиве тёмных сортов, облепихе, тунбергии и чёрном шоколаде (70% какао и выше). Из флавоноидов чаще всего в пищевых продуктах встречается кверцетин, также распространены кемпферол, мирицетин, апигенин и лютеолин [13].

Физиологическое действие флавоноидов на организм человека очень велико:

– Сосудоукрепляющее действие (Р-витаминная активность):

Проявляется в снижении патологически повышенной проницаемости капилляров и в устранении их ломкости и хрупкости. Под влиянием флавоноидов уменьшается проницаемость и повышается прочность капилляров. Физиологическое действие на сосуды осуществляется при участии аскорбиновой кислоты.

– Сохранение аскорбиновой кислоты:

– Кардиотоническое действие:

– Положительное влияние на функцию печени:

– Снижают уровень холестерина в крови и  $\beta$ -липопротеидов (окисленные формы – флавоны и флавонолы).

Некоторые флавоноиды снижают активность гистамина, подавляют активность гиалуронидазы в соединительной ткани. Такие флавоноиды, как госсипетин, робинетин и другие являются антиоксидантами для жиров, ряд гликозидов обладает антибактериальным действием.

Установлено, что многим природным флавоноидам (кемпферол, нарингенин, кверцетин) присуще спазмолитическая активность.

Лейкоантоцианы характеризуются противоопухолевой и радиозащитной активностью. Катехины повышают эффективность рентгенооблучения при лечении опухолей и усиливают сопротивляемость организма к ионизирующим излучениям (радиации).

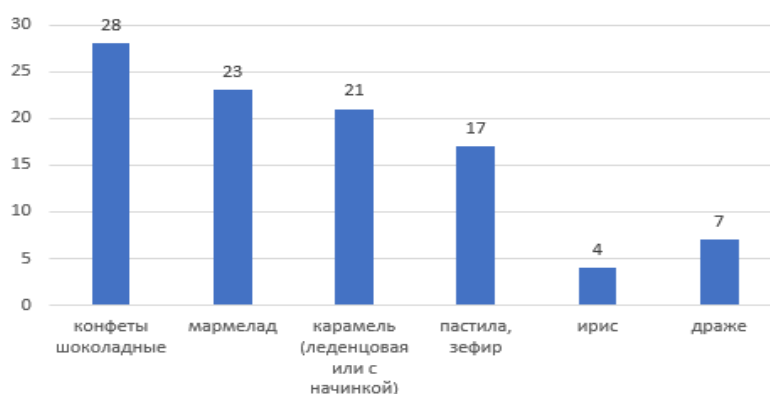
Флавоноиды обладают также гипотензивным, противовоспалительным, противоопухолевым, противовоспалительным, антиоксидантным, ранозаживляющим действиями.

Сравнительно низкая токсичность данных соединений, с их избирательным фармакологическим действием на организм человека, позволяет шире использовать эту группу веществ не только для создания лекарственных препаратов, но и в качестве компонента пищевых продуктов для повышения их биологической ценности [14, 15].

### ***Маркетинговое исследование предпочтений потребителей в области сахаристых кондитерских изделий***

Для того, чтобы обосновать выбор сырья и готового продукта, было проведено маркетинговое исследование потребителей. Оно проводилось методом опроса путём заполнения анкет респондентами. В маркетинговом исследовании приняло участие 100 человек.

В ходе проведённого исследования было выяснено, что самыми популярными сахаристыми кондитерскими изделиями являются конфеты и мармелад (диаграмма 1). Также в ходе опроса выяснили, что 31% опрошенных покупают мармелад 1 раз в 2 недели (диаграмма 2).



*Диаграмма 1 - Распределение респондентов по предпочтениям в выборе сахаристых кондитерских изделий*

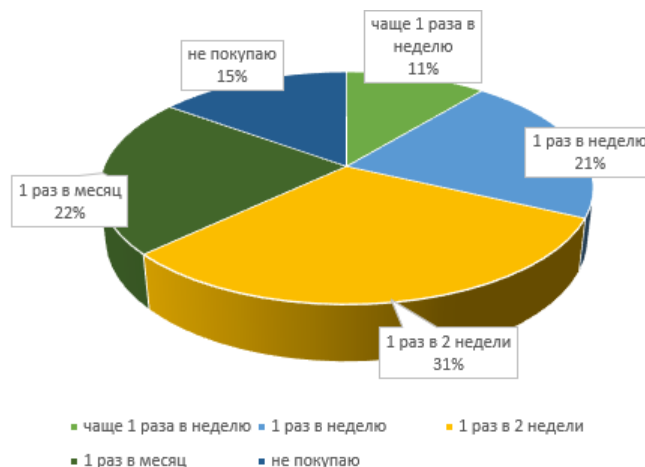


Диаграмма 2 – Частота приобретения респондентами мармелада

Респондентам был задан вопрос о том, какой вид мармелада они предпочитают: желейный или жевательный. Ответом на вопрос стало следующее распределение: 68% - желейный, 32% - жевательный (диаграмма 3). Также, был задан вопрос о том, хотели бы они попробовать мармелад, обогащенный биологически активными веществами растений (биофлавоноидами) и клетчаткой и в результате 71% ответили положительно (диаграмма 4).

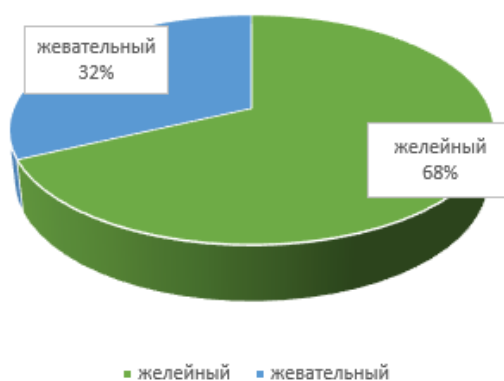


Диаграмма 3 - Распределение респондентов по результатам ответа на вопрос «Какой вид мармелада Вы предпочитаете?»

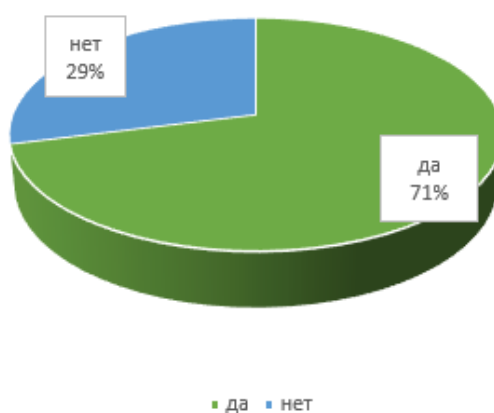


Диаграмма 4 - Распределение респондентов по результатам ответа на вопрос «Хотели бы Вы попробовать мармелад, обогащенный биологически активными веществами растений (биофлавоноидами) и клетчаткой?»



В результате проведённого маркетингового исследования выяснилось, что спрос на сахаристые кондитерские изделия, а именно на мармелад, присутствует, и что опрошенные готовы попробовать новый вид мармелада на основе нестандартного сырья, а именно лекарственного растительного, обогащенного клетчаткой.

***Технологическая схема производства и рецептура жевательного мармелада на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья***

За основу производства нового продукта была взята классическая рецептура жевательного мармелада на агаре с соответствующими дополнениями, в связи с использованием нетрадиционного сырья.

Технология производства мармелада на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья включает в себя следующие этапы [7]:

- приём сырья;
- подготовка сырья (замачивание и набухание агара, очистка пшеничных отрубей и лекарственного растительного сырья от примесей, нагревание шоколадной глазури и её темперирование);
- приготовление экстрактов из лекарственного растительного сырья;
- составление смеси;
- перемешивание и уваривание мармеладной массы;
- розлив в формы;
- студнеобразование;
- выборка мармелада из форм;
- подсушка;
- глазирование мармелада;
- охлаждение мармелада;
- упаковывание и маркирование.

Продукт изготавливался в соответствии с разработанной рецептурой, представленной в таблице 1.

Таблица 1

**Рецептура жевательного мармелада на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья**

Ингредиент	Единицы измерения	Расход сырья на 100 кг
Шалфей лекарственный (листья)	кг	4
Гореч птичий (трава)	кг	7
Ромашка аптечная (цветки)	кг	3
Мелисса лекарственная (трава)	кг	5
Агар-агар	кг	15
Вода	л	850
Сахар-песок	кг	6
Отруби пшеничные	кг	10
Тёмная шоколадная глазурь	кг	45

Далее в готовом продукте определялись органолептические показатели и его функциональность.

## Характеристика готового продукта

После приготовления продукта в соответствии с разработанной технологической схемой и рецептурой, в нём определялись органолептические показатели, представленные в таблице 2. Также были разработаны профилограммы органолептических характеристик, которые представлены на рисунке 1 и 2 соответственно.

Таблица 2

### Органолептические показатели жевательного мармелада

Наименование показателя	Характеристика
Вкус, цвет, запах	Выраженный вкус ромашки аптечной и горца птичьего с характерным привкусом тёмного шоколада, без посторонних привкусов. Цвет изделия без глазури коричневый, мутноватый. Запах соответствует запаху трав и шоколада, без посторонних запахов.
Консистенция	Студнеобразная плотная, допускается присутствие небольших вкраплений пшеничных отрубей.
Форма	Правильная, с чётким контуром, без деформации. Допускаются незначительные наплывы.
Поверхность	Полностью покрыта гладким слоем глазури, без подтеков, трещин, поседения, допускается незначительное просвечивание с нижней стороны.

Как видно из рисунков 1 и 2, вкус и запах продукта в большей степени соответствуют оттенкам лекарственного растительного сырья: горца птичьего и ромашки аптечной, а также тёмному шоколаду, поскольку изделие глазируется тёмной шоколадной глазурью.



Рис. 1 – Профилограмма вкуса жевательного мармелада на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья



Рис. 2 – Профилограмма запаха жевательного мармелада на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья

Содержание биофлавоноидов и пищевых волокон в готовом продукте представлено в таблице 3.

Таблица 3

**Содержание биофлавоноидов и пищевых волокон в жевательном мармеладе на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья**

Нутриент	Содержание на 100 г продукта	Суточная потребность	% от суточной потребности
Биофлавоноиды, мг	13,18	85	17
Пищевые волокна, г	3,98	20	19,9

Суточная потребность в биофлавоноидах для взрослого человека составляет 85 мг в сутки. Содержание биофлавоноидов в 100 г мармелада составило 13,18 мг, что удовлетворяет суточную потребность в данных веществах на 17% [16].

Также по результатам эксперимента было выяснено, что содержание пищевых волокон в 100 г продукта составляет 19,9% при суточной норме в 20 г [16].

Исходя из определения функционального продукта, в котором говорится что это продукт, содержащий в своём составе функциональные пищевые ингредиенты, составляющие количественно не менее 15% суточной потребности, можно сделать вывод, что разработанный мармелад на основе экстрактов из лекарственного растительного сырья является функциональным по содержанию биофлавоноидов и пищевых волокон. Соответственно, данный продукт может быть использован как средство для профилактики укрепления стенок капилляров, а также для поддержания нормальной работы микрофлоры кишечника.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О.Я. Физиология пищеварения и современная наука о питании: учебное пособие/ О.Я. Мезенова. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 157 с.
2. Дроздова Т.М. Физиология питания. Учебное пособие/ Т.М. Дроздова. - Кемерово: Издательство «КТИПП», 2004. - 218 с.
3. Козлов В.И. Анатомия сердечно-сосудистой системы. Учебное пособие для студентов медицинских вузов/ В.И. Козлов. – М.: Практическая медицина, 2016. – 192 с.
4. Наше второе сердце – всё о капиллярах // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://hckb.ru/useful-tips/nashe-vtoroe-serdtse-vse-o-kapillyarakh/>
5. Роль капилляров в организме человека // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://taxifolia.ua/cp57749-rol-kapillaryarov-v-organizme-cheloveka.html>
6. Кочеткова А.А. Функциональные пищевые продукты: некоторые технологические подробности в общем вопросе. / А.А. Кочеткова, В.И. Тужилкин // Пищевая промышленность. - 2003. - № 5. - С. 8-10
7. Румянцева, В.В. Технология кондитерского производства: конспект лекций для вузов / В.В. Румянцева. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 141 с.
8. Анализ рынка жевательного мармелада в России в 2011-2015 гг, прогноз на 2016-2020 гг // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://businessstat.ru/>
9. Россияне налегают на сладости // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.vestifinance.ru/articles/104752>
10. ГОСТ 6442-2014 Мармелад. Общие технические условия. – М., 2015. – 8 с.
11. Корулькин, Д.Ю. Природные флаваноиды /Д.Ю. Корулькин, Ж.А. Абилов, Г.А. Толстиков. - Новосибирск: Наука, 2007. – 296 с.
12. Яковлева, Г.П. Лекарственное сырье животного и растительного происхождения. Фармакогнозия/ Г.П. Яковлева. - Спб.: Спецлит, 2006. – 845 с.
13. Яшин Я.И., Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека/ Яшин Я.И., Рыжнев В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. – М.: ТрансЛит, 2009. – 212 с.

14. Тараховский Ю.С. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С., Музафаров Е. Н.; [отв. ред. Е.И. Маевский] – Пушино: Synchronbook, 2013. – 310 с.

15. Фармакология. Лекарственное растительное сырье // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://astgmu.ru/wp-content/uploads/2016/04/FarmacognoziaLekcii.pdf>

16. МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004. – 48 с.

17. Ямченко Т.В. Технология производства мармелада функционального назначения / Т.В. Ямченко, Е.С. Землякова // VII Международный Балтийский морской форум. VIII Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология» (7-12 октября 2019 г.): материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – Ч.4.- С. 165-172.

## **TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CHEWING MARMALADE BASED ON EXTRACTS FROM MEDICINAL PLANT RAW'S**

Yamchenko Tatiana Vitalievna, master student

Zemlyakova Evgenia Sergeevna, PhD in engineering, docent

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: [evgeniya.zemljakova@klgtu.ru](mailto:evgeniya.zemljakova@klgtu.ru)

*Sugary confectionery products, whose representative is marmalade, are very popular among consumers. Over the past few years, the demand for this product has been increasing. The result of the literature analysis is the development of technology for the production of marmalade using non-traditional raw materials for this product. The basis is the standard technology for the production of chewing marmalade on agar. To enrich the new marmalade, medicinal plant raw materials were chosen as the basis, which serve as a source of bioflavonoids, as well as wheat bran - a source of dietary fiber. The end result of the research is to expand the range of marmalade products, as well as to create a useful product.*