

Включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь  
 для опубликования результатов диссертационных исследований  
 Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь  
 от 2 февраля 2011 г. № 26



ISSN 2073-4794

№3(37)  
 2017

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ  
 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ



Основан в 2008 году

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

г. Минск, ул. Дзержинского, д. 29, к. 1  
 220037,  
 Тел./факс: (375-17) 285-39-70,  
 285-39-71, 294-31-41 ( )  
 e-mail: aspirant@belproduct.com  
 Дааааеёёй і а і аааа і оаааооааі і і пòè  
 çà âî çì î æî Ûà î àòî ÷ î î ñòè î î æè î ààòî ðî à.  
 Ì î áî èà ðáááèèèè è î æàò î à ñî àî àáàòü  
 ñ î î çèòèèèèè ààòî ðà

Учредитель

« - »  
 № 590 30 2009 .)

Подписные индексы:

01241  
 012412

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Шилов В. В., Журня А. А.</b> Состояние и перспективы развития рынка спортивного питания Республики Беларусь .....	3
<b>Почицкая И. М., Комарова Н. В., Коваленко Е. И.</b> Требования к показателям качества и безопасности зерновых культур.....	7
<b>Павловская Л. М., Федорова-Гудзь Н. В.</b> Научно-практические аспекты консервирования овощей и фруктов.....	14
<b>Коляда Е. В.</b> Математическое моделирование состава натуральных комплексных обогащающих смесей .....	21
<b>Максименко М. Г.</b> Изменение химического состава смородины черной при разных способах консервирования.....	27
<b>Куликов А. В., Куликова О. М.</b> Характеристики сырья и отходов в картофелеперерабатывающей промышленности Республики Беларусь .....	31
<b>Томашевич С. Е., Школина А. О.</b> Перспективы использования отечественных фруктовых и овощных полуфабрикатов для производства зефира с повышенной пищевой ценностью .....	37
<b>Пусовская Ю. С., Моргунова Е. М., Пушкарь А. А.</b> Перспективы применения инулиназы в технологии биосинтеза этанола при переработке клубней топинамбура.....	44
<b>Моргунова Е. М., Соловьев В. В.</b> Направленный гидролиз биополимеров дрожжевой клетки с целью рациональной утилизации избыточных пивных дрожжей.....	49
<b>Моргунова Е. М., Назарова Ю. С., Шелегова Н. А.</b> Водоросль хлорелла как источник физиологической активности пивоваренных дрожжей.....	53
<b>Гнедов А.А.</b> Качество мяса нельмы ( <i>stenodus leucichthys nelma (pallas)</i> ), вылавливаемой в низовьях акватории реки Енисей .....	60
<b>Кошак Ж. В., Дегтярик С. М., Кошак А. Э.</b> Влияние влаготепловой обработки на эффективность лечебно-профилактического комбикорма для карпа с фитобиотиком Микс-Ойл.....	67
<b>Ловкис З. В., Корзан С. И.</b> Гидродинамический нагрев жидкости .....	73
<b>Груданов В. Я., Бренч А. А., Дацук И. Е.</b> Теория чисел в конструкциях рабочих органов прессов для механической обвалки мясного сырья .....	80
<b>Почицкая И. М. Комарова Н. В., Красовская Е. С.</b> Изучение потребительских предпочтений рыбных продуктов в Республике Беларусь.....	88
<b>Лаптенюк Н. С., Мельникова Л. А.</b> Потребительские предпочтения в отношении специализированных изделий для беременных и кормящих женщин .....	98
<b>Кадолич Ж. В.</b> Экспериментальное обоснование применения метода электротно-термического анализа для исследования тыквенного масла .....	102

*В статье рассматриваются тенденции развития современного рынка спортивного питания, представлены данные маркетинговых исследований потребительских предпочтений в отношении выбора спортивного питания, проведен анализ состояния белорусского рынка спортивного питания.*

*Ключевые слова:* спортивное питание, потребительские предпочтения, ассортимент.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*В. В. Шилов, кандидат биологических наук, начальник отдела питания;  
А. А. Журня, научный сотрудник отдела питания, аспирант*

В настоящее время во всем мире наблюдается популяризация здорового образа жизни и, как следствие, растет интерес к спортивному питанию. Наиболее развит американский рынок спортивного питания (США, Канада), на долю которого приходится порядка 80% продаж мирового рынка. Соединенные Штаты являются также и мировым лидером по производству продуктов спортивного питания. Другим крупным рынком спортивного питания считается Австралия и Новая Зеландия, рынок которой насыщен товарами из США. На третьей позиции находится существенно отстающий от вышеназванных рынок спортивного питания стран Европы, основные бренды сосредоточены в Германии. Лишь несколько европейских производителей, имеющих мировое признание, способны конкурировать с американскими производителями по объему продаж. В некоторых странах до настоящего времени ряд продуктов спортивного питания находится под запретом. Рынок спортивного питания Российской Федерации занимает 3% мирового рынка и его объем в 2015 году составил 830 миллионов долларов [2, 4].

В целом объем мирового рынка спортивного питания в 2016 году составил 26,6 миллиардов долларов и ежегодно растет в среднем на 8,3%. По данным маркетингового агентства Allied Market Research (США), к 2021 объем рынка спортивного питания достигнет 44 миллиардов долларов. В настоящее время ведущими компаниями на мировом рынке спортивного питания являются: PepsiCo Inc., Glanbia Plc., GNC Holdings, The Coca-Cola Company, MaxiNutrition (GSK), Universal Nutrition, Clif Bar & Company [3].

Интенсивное развитие профессионального и любительского спорта наблюдается в последние десятилетия и в Республике Беларусь. Приняты законодательные акты и обеспечено участие государства в развитии и финансировании физической культуры и спорта, строительстве и содержании спортивных сооружений, оздоровительных центров, спортивных клубов, подготовке специалистов в области физической культуры и спорта, спортсменов высокого класса. По данным Министерства спорта и туризма, на конец 2016 года количество физкультурно-спортивных сооружений в республике составило 23278 единиц, а численность людей занимающихся физкультурой и спортом – 1982127 человек [1].

Популяризация активного образа жизни и рост доли населения регулярно занимающегося спортом, способствует формированию и развитию белорусского рынка спортивного питания, который на данный момент существенно уступает рынкам вышеназванных стран, представлен в основном продукцией дальнего и ближнего зарубежья и недостаточно насыщен продукцией отечественных производителей.

Следует отметить, что в последние годы рынок спортивного питания претерпевает серьезные изменения. Он неуклонно превращается из рынка специализированных продуктов для определенных категорий потребителей в рынок традиционных продуктов для всех. Продукты питания,

которые ранее были предназначены и доступны только для спортсменов, попали в широкую продажу и стали доступны каждому желающему.

Научно обоснованное питание сегодня является жизненно важной и неотъемлемой частью профессионального спорта. В настоящее время достижение высоких спортивных результатов невозможно без очень больших физических и нервно-психических нагрузок, которым подвергаются спортсмены во время тренировок и соревнований. Для компенсации энергозатрат и активации анаболических процессов и процессов восстановления работоспособности спортсменов необходимо снабжение организма адекватным количеством энергии и незаменимых компонентов питания. Правильное питание, разработанное с учетом новых исследований диетологии о взаимосвязях между питанием и физическими возможностями человеческого организма, необходимо не только для спортсменов-профессионалов, но и для людей, ведущих здоровый и активный образ жизни. Оно позволяет обезопасить организм от возможного дефицита необходимых микронутриентов, повысить адаптационные возможности и восстановить организм после тяжелых физических нагрузок [5].

С одной стороны, спортивное питание – это обычная пища в очень концентрированном виде, а с другой – средство, состав которого точно выверен и научно обоснован физиологами и диетологами.

Спортивные продукты можно классифицировать по назначению и по составу.

В зависимости от назначения спортивное питание подразделяется на следующие группы: для наращивания мышц; для снижения веса; для быстрого восстановления после тяжелых физических нагрузок; для предохранения мышц и суставов от повреждений; для общего укрепления организма.

По составу выделяют следующие группы спортивного питания: углеводы (смесь углеводов различной степени растворимости); протеины (белковые вещества); чистые аминокислоты; гейнеры (смешанные в соотношении 1:3 белково-углеводные смеси); витаминно-минеральные комплексы (непрямые регуляторы обменных процессов, опосредованные протекторов нервной и иммунной систем).

Для определения основных приоритетов при выборе спортивного питания РУП «Научно – практический центр НАН Беларуси по продовольствию» были проведены исследования потребительских предпочтений. Целевая выборка составила 320 человек. Опрос проводился методом интервьюирования и анкетирования в местах продажи спортивного питания в г. Минске. Возраст большинства респондентов составил от 21 до 40 лет. Основными покупателями являются: молодые люди в возрасте 21- 25 лет – 41%, от 26 до 30 лет – 37%, старше 30 лет – 12 %, младше 21 года – 10%. Необходимо отметить, что 75% потребителей спортивного питания – мужчины, 25% – женщины. По данным исследований, около 75 % потребителей спортивного питания, занимаются бодибилдингом, оставшаяся часть – фитнесом. Более трети всех опрошенных, употребляют спортивное питание на протяжении срока, не превышающего 1 год. Чуть меньше потребителей используют спортивное питание в течении 1-3 лет. В большинстве своем респонденты являются опытными спортсменами, стаж занятий которых превышает 3 года.

Основную долю среди потребителей спортивного питания составляют респонденты, регулярно его употребляющие, – 56%. Нерегулярно, периодически потребляют спортивное питание 26 % опрошенных, в период подготовки к соревнованиям – 16 % . Другие варианты несистематического потребления отметили 2% участников опроса.

В результате исследования было установлено, что наибольшим спросом на рынке спортивного питания пользуется протеин – 59%, далее идут витамины и минералы – 50%, аминокислоты – 48%, креатин – 38%, энергетики – 30%, гейнеры – 18%.

Учитывая достаточно высокую стоимость продукции, важно было выяснить какую сумму из своего бюджета готовы выделить потребители на спортивное питание. Наиболее активными покупателями спортивного питания являются группы населения с высоким устойчивым и средним уровнем дохода. Средняя величина оптимальных, по мнению потребителей, затрат на спортивное питание составляет от 50 до 100 рублей в месяц. Под оптимальными понимаются затраты, необходимые для достижения оптимальных спортивных результатов. Средние необходимые затраты на спортивное питание в группе регулярных потребителей выше аналогичного показателя в группе нерегулярных потребителей на 15%.

Выбор потребителями того или иного продукта преимущественно зависит от того, с какой целью он употребляется. Основными причинами употребления спортивного питания выступают следующие:

- ♦ повышение эффективности тренировок;
- ♦ поддержание спортивной формы;
- ♦ восстановление организма после физических нагрузок;
- ♦ наращивание мышечной массы;
- ♦ укрепление здоровья, иммунитета;
- ♦ употребление с целью похудеть.

В свою очередь, основными причинами отказа от потребления спортивного питания среди населения являются: недоверие к товару, опасение контрафактной продукции и отсутствие торговых точек по продаже спортивного питания.

Основными факторами, влияющими на выбор спортивного питания, являются: торговая марка и эффективность питания, на последнее место респонденты поставили цену. Это обусловлено тем, что атлеты не хотят рисковать своим здоровьем за счет экономии на цене товара, покупая спортивное питание только проверенных и известных зарубежных брендов.

В ходе опроса более 80% респондентов отметили, что основным источником информации о данной продукции являются интернет-сайты. При выборе спортивных продуктов потребители ориентируются на рекомендации тренера, интернет-сайтов, рекламу в СМИ, советы других потребителей.

Отечественный рынок спортивного питания находится в стадии развития и в основном сосредоточен в г. Минске. Так, если в 2009 году в столице функционировало 2 магазина спортивного питания, то на сегодняшний день в Минске работают уже 5 специализированных магазинов спортивного питания: «Физкульт», «Спорттайм», «Окфитспорт», «Спортфою», «Фитмаркет», а в сети – десятки интернет-магазинов, самым крупным, из которых является «Спорт сервис». Ассортимент данных магазинов представлен в основном американскими и европейскими брендами (XXI Power, MD (Muscular Development), Shaper, Lady Fitness, Artlab, Junior, Strimex, Scitec Nutrition и др.) и лишь незначительную долю рынка занимает продукция российского и белорусского производства (рис. 1). Линейка зарубежных спортивных продуктов включает в себя: протеины, аминокислоты, гейнеры, витамины, жиросжигатели, напитки, средства для суставов, взрывные формулы, питание для мужчин, питание для женщин, батончики и др.

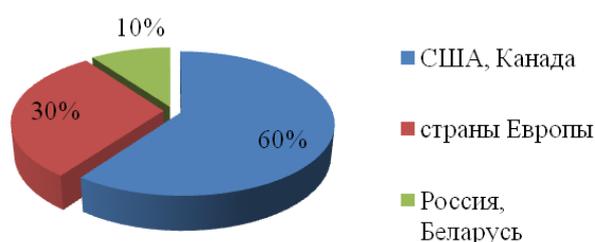


Рис. 1. Страны-производители спортивного питания, представленного на рынке Республики Беларусь

Замещение зарубежного спортивного питания отечественным – одна из важных задач государственной политики. Это весьма трудная задача, потому что спортивное питание – это высокотехнологичный пищевой продукт. Производством и реализацией продукции спортивного питания в Республике Беларусь занимается лишь несколько предприятий (ОАО «Березовский сыродельный комбинат», ОАО «Щучинский масложирзавод», ООО «Беллакт», ООО «Биофон», СООО «Миконик Технолоджис», НП ЗАО «Малкут», ООО «ИзоЛайф экспорт»). Ассортимент выпускаемой ими продукции включает в себя протеины (концентрат сывороточного белка), гейнеры, витаминно-минеральные комплексы, креатин, стероидные гормоны растительного происхождения, спортивные напитки. Цена белорусской продукции значительно ниже зарубежной. Однако, по опросам людей, занимающихся фитнесом и спортом, спрос на нее не высок. По мнению потребителей спортивного питания, это объясняется следующими факторами: низ-

кой чистой нутриентной составляющей продуктов, плохой растворимостью, неудовлетворительными вкусовыми качествами; нехарактерными включениями, наличием в составе продуктов, содержащих протеин обычного сухого молока.

Главными тенденциями развития рынка спортивного питания в Беларуси можно считать появление новых продуктов, оказывающих более эффективное специфическое воздействие, а также активное завоевание новых потребителей. Специалистами РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» активно ведутся исследования в данном направлении: разработаны изотонические спортивные напитки (концентрированные и сухие), предназначенные для восполнения потери жидкости и солей в организме, нормализации осмотического давления плазмы крови и восполнения энергетических запасов после интенсивных физических нагрузок; протеиновые мучные изделия (блинные смеси и макароны), предназначенные для поддержания, роста и восстановления мышечной массы; сухие смеси для приготовления белковых коктейлей на основе изолятов и гидролизатов протеинов, обладающие повышенной биологической ценностью и способные в кратчайшие сроки предотвратить потерю белка в мышцах при интенсивных тренировках и повысить устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам; молочные коктейли с использованием сухого козьего молока, содержащего человеческий лактоферрин, предназначенные для повышения оксигенации крови и оптимизированной транспортировки кислорода в органы и ткани, увеличения силы и выносливости организма, повышения неспецифического гуморального иммунитета, предотвращения перекисного окисления липидов клеточной мембраны, нормализации работы желудочно-кишечной системы (рис. 2).



Рис. 2. Новые виды спортивного питания

Для производства конкурентоспособного спортивного питания, помимо сырья и технологий, в ближайшее время планируется тестирование составов спортсменами и прочие мероприятия, чтобы быстро создать аналоги и инновационные продукты достойного качества.

Успешное импортозамещение сегмента спортивного питания в нашей стране возможно только при улучшении качества производимой продукции. Это предусматривает особые требования к качеству исходного сырья, что непременно приведет к существенному удорожанию готовой продукции. Поэтому для продвижения отечественных продуктов на рынке спортивного питания, насыщенном популярными иностранными брендами, необходимо принятие и ряда организационных решений, в том числе и на правительственном уровне.

Объемы продаж спортивного питания будут непрерывно расти, поскольку постоянно увеличивается число фитнес-клубов, а также повышается культура потребления спортивного питания. Чтобы превратить потенциальных потребителей в реальных, необходимо также направлять усилия на информирование населения о качестве и преимуществах отечественного спортивного питания, бороться с общепринятым мнением о его вредности и повышать его культуру потребления.

Таким образом, для развития отечественного рынка спортивного питания целесообразно организовать производство аналогов спортивного питания известных зарубежных брендов, как это уже реализовано в фармацевтике, а также инновационных продуктов с использованием отечественного сырья на основе современных пищевых технологий и биотехнологий с целью их продвижения на внутренний рынок и рынок стран Таможенного союза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство спорта и туризма РБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mst.by>. – Дата доступа: 24.03.2017.
2. Худяков, М. С. Рынок спортивного питания / М. С. Худяков // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2015. – №1. – С. 89-91.
3. Upadhyay, S. Sports Nutrition Market Report / S. Upadhyay // Allied Market Research. – 2016. – 187 P.
4. Анализ рынка спортивного питания в России // Discovery Research Group. – 2016. – 39 с.
5. Спортивное питание / Н. С. Тарасова [и др.] // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2009. – №5. – С.254.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 24.04.2017*

**V. V. Shylau, A. A. Zhurnia**

### STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE SPORTS FOOD MARKET OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Due to growth of popularity of a healthy lifestyle and increase in number of the people who are regularly playing sports the attention of consumers to products of sports and functional food has considerably increased. In article tendencies of the modern market of sports food are considered, data of market researches of consumer preferences concerning the choice of sports food are submitted.

Keywords: sports food, consumer preferences, range.

УДК [663/664+637/1/5]:005.936.43

*В статье представлен анализ действующих на территории Республики Беларусь требований к зерну, поставляемому на продовольственные цели. Приведен обзор регламентируемых показателей качества и безопасности и методов их определения для злаковых и зернобобовых культур.*

*Ключевые слова: зерновые культуры, злаковые культуры, зернобобовые культуры, показатели качества, показатели безопасности.*

## ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*И. М. Почицкая, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания;*

*Н. В. Комарова, кандидат технических наук, заведующий лабораторией физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания;*

*Е. И. Коваленко, инженер-химик 2 категории лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания*

На протяжении многих лет продукты переработки зерновых культур являются рационаобразующим элементом питания человека. Широкий ассортимент зерновых продуктов способствует полноценному, сбалансированному и рациональному питанию. Важность зерновых продук-

тов прежде всего заключается в том, что они являются источниками минеральных веществ, витаминов группы В, растительных белков, углеводов и клетчатки. Пищевая ценность данных продуктов зависит от вида используемого зерна, добавленных компонентов и способа тепловой обработки, воздействие которой приводит к разрушению клеточных структур зерен, что, в свою очередь, способствует наиболее полному усвоению основных пищевых веществ, входящих в их состав [1].

Разнокачественность зерна, как и всех продуктов растительного происхождения, зависит не только от сортовой и видовой изменчивости, но и от состава почв, климатических условий, технологии возделывания, время сбора и условий хранения урожая и т.д. [2]. Таким образом, для получения качественного, полезного, а главное, безопасного продукта на всех производствах ведется непрерывный контроль используемого сырья.

Целью данной работы является анализ действующих на территории Республики Беларусь требований к зерну, поставляемому на продовольственные цели.

В настоящее время в Республике Беларусь действует свыше 50 нормативных документов, определяющих требования к показателям качества и безопасности зерновых культур, и более 70 стандартизированных методов для осуществления соответствующего контроля показателей. Следует отметить, что требования к качеству зерна установлены не только с учетом его сортовых особенностей, но и с учетом его дальнейшего целевого назначения.

С целью установления единых обязательных для применения и исполнения требований к зерну, обеспечения свободного перемещения зерна, выпускаемого в обращение на единой территории Евразийского экономического сообщества, разработан и введен в действие технический регламент «О безопасности зерна» (далее ТР ТС 015/2011) [3]. Так же нормирование показателей безопасности и содержания вредной примеси регламентируется Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденным постановлением МЗ РБ № 52 от 21.06.2013 (далее Постановление № 52) и техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (далее ТР ТС 021/2011) [4, 5].

Нормирование показателей безопасности требует деления зерна на две основные группы: злаковые (пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза и сорго) и зернобобовые (горох, фасоль, нут, чечевица, бобы, маш и чина) культуры.

Как видно из табл. 1, допустимые концентрации содержания токсичных элементов (свинца, мышьяка, кадмия и ртути), микотоксинов (афлатоксина В<sub>1</sub>, дезоксиниваленола, Т-2 токсина, зеараленона, охратоксина А, бенз(а)пирена) и пестицидов (ДДТ и его метаболитов, гексахлорбензола, ртутьорганических пестицидов, 2,4-Д кислоты, ее солей, эфиров) во всех нормативных документах находятся на одном уровне. Требованиями ТР ТС 021/2011 не установлены предельно допустимые концентрации фумонизина и гексахлорциклогексана ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомеров) в кукурузе, в то время как их содержание регламентируется ТР ТС 015/2011 и Постановлением № 52 и составляет для кукурузы 4,0 мг/кг и 0,2 мг/кг соответственно.

Согласно требованиям ТР ТС 015/2011, содержание генно-модифицированных (трансгенных) организмов, превышающее 0,9 %, разрешено только для зарегистрированных в соответствии с законодательством Республики Беларусь линий. В случае, если линии ГМО не зарегистрированы, его содержание не должно превышать 0,9 % [3].

Контроль радионуклидов в зерне проводится в случае ввоза зерна с территорий, неблагоприятных по радиационной обстановке. Уровень удельной активности радионуклидов в зерновых культурах не должен превышать 60 Бк/кг для цезия-137 и 11 Бк/кг для стронция-90 [3].

Предельно допустимые уровни вредных примесей в зерне зависят от его вида, класса и предназначения. К вредным примесям относят спорынью, горчак ползучий, софору лисохвостую, термопсис ланцетный, вязель разноцветный, гелиотроп опушенноплодный, триходесму седую, головневые (маранные) и фузариозные зерна и др.

Для оценки качества зерновых культур применяется ряд показателей, контролируемых на протяжении всех этапов его подготовки: органолептические характеристики (внешний вид,

запах, цвет, вкус), влажность, засоренность и зараженность вредителями [6]. Потребительские свойства зерновых культур зависят от содержания в них вредной, сорной и зерновой примеси, числа падения, натуры, стекловидности и т.д. Деление зерна по классам и группам производится по наихудшему значению одного из показателей качества.

Таблица 1. Требования к показателям безопасности зерна, поставляемого на пищевые цели

Показатель	ТР ТС 015/2011	ТР ТС 021/2011	Постановление № 52
	Допустимые уровни, мг/кг, не более		
<b>Токсичные элементы:</b>	0,5		
Свинец			
Мышьяк	0,2 (злаковые культуры) 0,3 (зернобобовые культуры)		
Кадмий	0,1		
Ртуть	0,03(злаковые культуры) 0,02 (зернобобовые культуры)		
<b>Микотоксины:</b>	0,005		
Афлатоксин В1			
Дезоксиниваленол	0,7 (пшеница) 1,0 (ячмень)		
Т-2 токсин	0,1 (злаковые культуры)		
Зеараленон	1,0 (пшеница, ячмень, кукуруза)		
Охратоксин А	0,005 (пшеница, ячмень, рожь, овес, рис)		
Фумонизин	4,0 (кукуруза сырая)	-	4,0 (кукуруза сырая)
Бенз(а)пирен	0,001 (злаковые культуры)		
<b>Пестициды:</b>	0,5	0,5	0,5
Гексахлорциклогексан ( $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -изомеры)	0,2 (кукуруза)		0,2 (кукуруза)
ДДТ и его метаболиты	0,02 (злаковые культуры) 0,05 (зернобобовые культуры)		
Гексахлорбензол	0,01 (пшеница)		
Ртутьорганические пестициды	Не допускаются		
2,4-Д кислота, ее соли, эфиры	Не допускаются		

Независимо от сортовой принадлежности по органолептическим свойствам зерно должно быть негреющим, в здоровом состоянии, с нормальным запахом, свойственным здоровому зерну пшеницы (без затхлого, солодового, плесневелого, постороннего), с нормальным цветом, свойственным здоровому зерну данного типа [6].

Показатели качества зерновых культур регламентируются действующими на территории Республики Беларусь межгосударственными и национальными стандартами (табл. 2, 3).

Таблица 2. Требования к показателям качества злаковых культур

ТНПА	Целевое назначение, класс	Влажность, %	Примеси		Зараженность вредителями
			сорная, % не более	зерновая, % не более	
ГОСТ 9353-90 Пшеница. Требования при заготовках и поставках	<i>переработка в муку</i>	не более 13,5	2,0	5,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше II степени
	<i>переработка в крупу</i>	не более 14,5	1,5		не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени

ТНПА	Целевое назначение, класс	Влажность, %	Примеси		Зараженность вредителями
			сорная, % не более	зерновая, % не более	
<b>ГОСТ 16990-88</b> Рожь. Требования при заготовках и поставках	<i>1,2,3-го класса (А)</i>	не более 14,5	2,0	4,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше II степени
	<i>4-го класса (Б)</i>	не более 15,5	5,0	15,0	
<b>СТБ 1522-2005</b> Тритикале продовольственная. Требования при заготовках и поставках	<i>продовольственные цели</i>	не более 14,5	2,0	4,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше II степени
<b>ГОСТ 28673-90</b> Овес. Требования при заготовках и поставках	<i>переработка в крупу 1-го класса</i>	не более 13,5	2,0	4,0	не допускается
	<i>переработка в крупу 2-го класса</i>			6,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
	<i>переработка в крупу 3-го класса</i>		3,0	7,0	
<b>ГОСТ 28672-90</b> Ячмень. Требования при заготовках и поставках	<i>продовольственные цели</i>	не более 14,5	2,0	7,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
<b>ГОСТ 22983-88</b> Просо. Требования при заготовках и поставках	<i>переработка в крупу 1-го класса</i>	не более 13,5	2,0	5,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
	<i>переработка в крупу 2-го класса</i>		2,5	8,0	
<b>ГОСТ 19092-92</b> Гречиха. Требования при заготовках и поставках	<i>переработка в крупу 1-го класса</i>	не более 14,5	2,0	2,0	не допускается
	<i>переработка в крупу 2-го класса</i>			3,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
	<i>переработка в крупу 3-го класса</i>		3,0	5,0	
<b>ГОСТ 6293-90</b> Рис. Требования при заготовках и поставках	<i>высшего класса</i>	13,0-15,0	1,0	3,0	не допускается
	<i>1-го класса</i>				
	<i>2-го класса</i>		1,5	4,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
<b>ГОСТ 8759-92</b> Сорго. Требования при заготовках и поставках	<i>переработка в крупу</i>	не более 14,0	3,0	7,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
	<i>крахмалопаточная промышленность</i>	не более 15,0		не допускается	
<b>ГОСТ 13634-90</b> Кукуруза. Требования при заготовках и поставках	<i>переработка в крупу и муку</i>	не более 15,0	2,0	7,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
	<i>пищеконцентратная промышленность, предприятиям общественного питания</i>		1,0	7,0	
	<i>выработка продуктов детского питания</i>		2,0	3,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени
	<i>переработка в крахмал, патоку</i>		3,0	7,0	

При оценке качества зерна пшеницы вне зависимости от ее целевого назначения также установлен контроль содержания головневых (мараные, синегузочные) зерен, количество которых не должно превышать 10 %. Требованиями ГОСТ 16990-88 и СТБ 1522-2005 регламентировано содержание зерен с розовой окраской (не более 3,0 % для 1, 2, 3-го класса (А) зерна ржи и не более 1,0 % для зерна тритикале) и фуразионных зерен (для ржи 1, 2, 3-го класса (А) — не более 1,0 %, для ржи 4-го класса (Б) — не более 5,0 % и для тритикале — не более 3,0 %). Ограничительные нормы натуре представлены для зерна тритикале (не менее 710 г/л), овса (не менее 550 г/л — 1-ый сорт, не менее 540 г/л — 2-ой сорт, не менее 520 г/л — 3-ий сорт) и ячменя (не менее 630 г/л). Нормирование массовой доли ядра осуществляется в зерне овса (не менее 65 % для 1-го и 2-го сорта, не менее 63 % для 3-го класса), проса (не менее 76 % — 1-ый класс, не менее 74 % — 2-ой класс) и гречихи (не менее 73 %, 71 % и 70 % для 1-го, 2-го и 3-го классов соответственно). Содержание мертвых вредителей в зерне овса не допускается для 1-го класса и не должно превышать 15 шт./кг для 2-го и 3-го классов. ГОСТ 6293-90 устанавливает требования по содержанию пожелтевших, красных и глютинозных зерен в рисе, предельные концентрации которых находятся в диапазоне 0–4,0 %, 2–10 % и 0,3–1,0 % соответственно. Допускается наличие мелких зерен в ячмене и сорго (поставляемом для переработки в крупу) не более 5,0 %. ГОСТ 22983-88 регламентирует крупность зерна проса для переработки в крупу 1-го класса — не менее 90,0 %, в крупу 2-го класса — не менее 80,0 %. Зерна кукурузы для пищевого концентратной промышленности и предприятий общественного питания должны иметь проход через сито с отверстиями диаметром 8 мм не более чем на 8 %, а кукуруза для выработки продуктов детского питания и переработки в крахмал, патоку должна обладать всхожестью не менее 55 %.

Таблица 3. Требования к показателям качества зернобобовых культур

ТНПА	Целевое назначение, класс	Влажность, % не более	Примесь		Зараженность вредителями
			сорная, % не более	зерновая, % не более	
<b>ГОСТ 7758-75</b> Фасоль продовольственная. Технические условия	<i>продовольственные цели</i>	18,0	1,0	3,0	не допускается
<b>ГОСТ 8758-76</b> Нут. Требования при заготовках и поставках	<i>продовольственные цели</i>	14,0	1,0	2,0	не допускается
<b>ГОСТ 7066-77</b> Чечевица тарелочная продовольственная. Требования при заготовках и поставках	<i>продовольственные цели</i>	17,0	0,5	3,05	не допускается
<b>ГОСТ 6201-68</b> Горох шлифованный. Технические условия	<i>первого класса целый</i>	15,0	0,40	-	не допускается
	<i>первого класса колотый</i>				
	<i>второго класса целый</i>		3,0		
	<i>второго класса колотый</i>				
<b>ГОСТ 28674-90</b> Горох. Требования при заготовках и поставках	<i>для консервной промышленности</i>	14,0	0,5	2,0	не допускается
<b>ГОСТ 10419-88</b> Чина. Требования при заготовках и поставках	<i>продовольственные цели</i>	16,0	5,0	15,0	не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени

Помимо требований, представленных в табл. 3, в зерне гороха также регламентируется содержание измельченных и дробленных зерен (не более 0,5 % и 0,1 % в целом горохе 1-го и 2-го классов, в колотом – не более 1,0 %). Независимо от сортовой принадлежности содержание мучки и сечки в горохе, а также заражённость вредителями не допускается, а металломагнитная примесь не должна превышать 3 мг/кг. Предельно допустимый уровень нешлифованных зерен для первого и второго сорта целого гороха составляет 3,0 % и 4% соответственно, для колотого гороха первого и второго сорта – 0,8 %, и 1,0 % соответственно.

В табл. 4 представлены ТНПА на методы испытаний, применяемые для определения показателей качества и безопасности, контролируемых в продовольственном зерне.

**Таблица 4. Перечень ТНПА на методы испытаний зерновой продукции**

Показатель	Метод определения
<b>Показатели безопасности</b>	
Мышьяк	ГОСТ 26930-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка
Ртуть	ГОСТ 26927-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути
Свинец	ГОСТ 26932-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца
Кадмий	ГОСТ 26933-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия
Бенз(а)пирен	СТБ ГОСТ Р 51650-2001 Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена
Зеараленон, Т-2 токсин, охратоксин А	ГОСТ 28001-88 Зерно фуражное, продукты его переработки, комбикорма. Методы определения микотоксинов: Т-2 токсина, зеараленона (Ф-2) и охратоксина А
2,4-Д кислота, ее соли, эфиры	МУ 1541-76 Хроматографические методы определения остаточных количеств 2,4- дихлорфеноксисукусной кислоты (2,4 Д) в воде, почве, фураже, продуктах питания растительного и животного происхождения
Афлатоксин В1	ГОСТ 30711-2001 Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В1 и М1
Дезоксиниваленол	СТБ ГОСТ Р 51116-2002 Комбикорма, зерно, продукты его переработки. Метод определения содержания дезоксиниваленола (вомитоксина)
ГХЦГ(α-,β-,γ-изомеры), ДДТ и его метаболиты	МУ 2142-80 Методические указания по определению хлорорганических пестицидов в воде, продуктах питания, кормах и табачных изделиях хроматографией в тонком слое
<b>Показатели качества</b>	
Отбор и подготовка проб	ГОСТ 13586.3-83 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб
Органолептические показатели	ГОСТ 10967-90 Зерно. Методы определения запаха и цвета
Влажность	ГОСТ 13586.5-93 Зерно. Метод определения влажности
Сорная и зерновая примесь, заражённость вредителями	ГОСТ 30483-97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси ГОСТ 13586.6-93 Зерно. Методы определения заражённости вредителями ГОСТ 26312.3-84 Крупа. Метод определения заражённости вредителями хлебных запасов

Показатель	Метод определения
Натура	ГОСТ 10840-64 Зерно. Методы определения натуры
Стекловидность	ГОСТ 10987-76 Зерно. Методы определения стекловидности
Количество и качество клейковины	ГОСТ 13586.1-68 Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице
Число падения	ГОСТ 27676-88 Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения
Фузариозные зерна и зерна с розовой окраской	Методические указания по учету фузариоза колоса и визуальному определению фузариозного зерна пшеницы
Кислотность	ГОСТ 26971-86 Зерно, крупа, мука, толокно для продуктов детского питания. Метод определения кислотности
Способность прорастания	ГОСТ 10968-88 Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания

Как видно из табл. 4, определение показателей качества и безопасности зерновых культур осуществляется путем применения физико-химических (органолептических, гравиметрических, титриметрических), хроматографических и атомно-абсорбционных методов.

Таким образом, анализ требований к зерновым культурам показал, что приоритетным направлением контроля зерновых культур является его безопасность и в меньшей степени качество. Перечень контролируемых показателей качества включает помимо органолептических лишь показатели влажности, содержания примесей и зараженности вредителями, что недостаточно для прогнозирования качества готовой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. The importance of cereals nutrition in human health / M. Sarwar [et al.] // Journal of Cereals and Oilseeds. – 2013. – Vol. 4(3). – P. 32–35.
2. Models of grain quality in wheat / J. Nuttall [et al.] // Field Crops Research. – 2017. – Vol. 2002. – P. 136–145.
3. О безопасности зерна: ТР ТС 015/2011 – Введ. 1.07.2013. – Минск: Госстандарт, 2016. – 32 с.
4. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»: ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.2013. – Минск: Госстандарт, 2015. – 160 с.
5. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам: санитарные нормы и правила: утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.06.2013г. №52. – Минск, 2013. – 228 с.
6. *Кравцов, А. И.* Технология хранения, переработки и стандартизация продукции растениеводства: учебно-методическое пособие: в 2 ч. / А. И. Кравцов, А. А. Киселев. – Горки: БГСХА, 2014. – Ч. 1.: Стандартизация продукции растениеводства. – 148 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 23.06.2017*

**I. M. Pochitskaya, N. V. Komarova, E. I. Kovalenko**

### REQUIREMENTS FOR QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF GRAIN CROPS

The article presents an analysis of the requirements in the territory of the Republic of Belarus for grain, supplied for food purposes. The review of regulated quality and safety indicators and methods for their determination for cereals and leguminous crops is given.

Keywords: cereals, cereals, grain crops, quality indicators, safety indicators.

*В статье рассмотрены основные способы консервирования, соответствующие современным тенденциям потребления продуктов питания. Обозначены научные подходы решения проблемных технологических вопросов. Предложены пути совершенствования производства консервированных продуктов в Беларуси.*

***Ключевые слова:** способы консервирования, ферментация, вакуумная упаковка овощей, заморозка, стерилизация*

## **НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*Л. М. Павловская, начальник отдела технологий консервирования пищевых продуктов;  
Н. В. Фёдорова-Гудзь, младший научный сотрудник отдела технологий консервирования  
пищевых продуктов*

Технический прогресс внес свои коррективы в образ жизни современного человека, способствуя формированию новых подходов к системе питания. Все больше людей задумываются о ценности и полезности употребляемых продуктов питания для своего организма, их безопасности для здоровья. Сбалансированное по своему составу питание предполагает обязательное регулярное использование свежих и кулинарно обработанных овощей, что обеспечивает устойчивое поступление необходимых минеральных соединений, биологически активных веществ, пищевых волокон и способствует поддержанию жизнедеятельности внутренних органов и систем человека на высоком уровне.

При переработке фруктов и овощей на первый план выходят задачи максимального сохранения их нативных полезных свойств, а также по возможности приобретение новых значимых качественных характеристик.

В основе современных способов переработки плодов и овощей лежит комплекс факторов, направленных на регулирование микробиологических и биохимических процессов, протекающих в плодоовощном сырье.

Способы консервирования в зависимости от вида процессов, обеспечивающих консервирующий эффект, можно разделить на несколько групп (рис. 1).

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки применения в промышленных масштабах, связанные как с сопутствующими производственными издержками, так и с качеством получаемой продукции.

Цель данной работы – охарактеризовать основные перспективные способы консервирования плодоовощного сырья, обозначить возможные научно-практические пути совершенствования производства консервированной продукции на предприятиях республики.

Современный технический уровень индустрии переработки фруктов и овощей позволяет осуществлять процессы консервирования направленно с высокой степенью управляемости, добиваться заданных параметров показателей качества.

Достаточно перспективным и малоизученным является направление получения ферментированных продуктов (квашеная капуста, соленые овощи, моченые яблоки и ягоды) с помощью чистых культур молочнокислых бактерий.

Ферментирование овощей и фруктов относится к биотехнологическим методам, основано на культивировании молочнокислых бактерий, продуктом жизнедеятельности которых является молочная кислота, представляющая собой естественный консервант. Накопление ее в продукте способствует созданию условий, существенно замедляющих деятельность большинства

видов типичной микрофлоры. Фрукты и овощи содержат достаточное количество углеводов в легкодоступной форме и биологически активные вещества, необходимые для жизнедеятельности молочнокислых бактерий и повышающие кислотность продуктов до уровня, препятствующего развитию гнилостных бактерий, дрожжей и плесеней. Дополнительно при квашении и солении овощей вносят поваренную соль – осмофильный агент, вызывающий плазмолиз клеток, диффузию клеточного сока в рассол и препятствующий развитию гнилостных микроорганизмов на первых этапах брожения [1].



Рис. 1. Классификация способов консервирования

Для получения новых научных данных по ведению процессов молочнокислого брожения овощей с использованием чистых бактериальных культур специалистами отдела технологии консервирования пищевых продуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены комплексные исследования с варьированием различных технологических параметров и использованием широкого спектра оценочных критериев качества продукции.

Объектами исследований являлись капуста белокочанная и огурцы разных сортов, морковь, свекла, сухие бактериальные концентраты молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *L.acidophilus*.

Были поставлены следующие задачи:

- ♦ исследовать кинетику накопления молочной кислоты при ферментации овощей разных сортов с использованием молочнокислых бактерий в зависимости от температурных параметров ферментации и способов посола;
- ♦ изучить изменения отдельных показателей качества продуктов в зависимости от сортовых особенностей сырья и вида используемых молочнокислых бактерий;

- ♦ установить характер влияния спонтанной микрофлоры, содержания соли, сахара, концентрации чистых культур молочнокислых бактерий на кинетику накопления молочной кислоты при ферментации.

По результатам исследований установлено, что использование чистых культур молочнокислых бактерий способствует более быстрому накоплению молочной кислоты и снижению pH продукта, что является основным фактором угнетения развития спонтанной микрофлоры. В контрольных образцах продукции без внесения чистых культур молочнокислых микроорганизмов выявлено повышение содержания уксусной кислоты, что свидетельствует о том, что помимо молочнокислой ферментации, идут побочные процессы брожения.

Кроме того, исследования показали, что в процессе ферментации претерпевают существенные изменения некоторые физико-химические показатели продукта: происходит накопление витамина С в сравнении с его содержанием в свежем сырье; наблюдается снижение содержания нативных сахаров, расходуемых на молочнокислое брожение. Стоит также отметить, что процессы ферментации содействуют частичному переходу пектиновых веществ в растворимую форму.

Производство лактоферментированных продуктов достаточно перспективное направление консервирования, которому незаслуженно уделяется мало внимания на предприятиях отрасли. Вместе с тем, эти продукты занимают достойную нишу в структуре продуктов «здорового питания» за рубежом, а ведь наше население генетически предрасположено к усвоению таких продуктов. Квашенная капуста и соленые огурцы были непременным атрибутом стола любой семьи и составляли основу рациона питания наших предков.

Другим перспективным направлением развития производства и переработки овощей и фруктов в мире является предпродажная доработка свежего сырья. Использование упаковочной тары, мойка, очистка и сортировка свежих овощей увеличивают к ним интерес покупателей. Это, в свою очередь, способствует развитию и внедрению на сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятиях технологий предпродажной подготовки как неочищенного, так и очищенного стерилизованного или обработанного консервирующими веществами овощного сырья. При этом может использоваться вакуумная упаковка или упаковки с газовой модифицированной средой, препятствующей быстрой порче продукта.

Считаем целесообразным расширение ассортимента и разработку современных технологических решений изготовления отечественной овощной продукции в упакованном виде. Наиболее перспективным направлением является использование упаковки из многослойных полимерных материалов, обладающей высокими барьерными свойствами. Такая упаковка широко используется на западном рынке и признана лучшей для данной ассортиментной группы товаров. Вышеназванные технологии упаковки востребованы и у белорусского потребителя, что обуславливает актуальность разработки и внедрения их на отечественных предприятиях перерабатывающей промышленности. Для постановки на производство группы подготовленных овощных полуфабрикатов необходимо провести следующие научные исследования:

- ♦ определить подходы и оценочные критерии в выборе упаковочных материалов;
- ♦ установить основные закономерности обеспечения микробиологической стабильности овощей при воздействии на них различных консервирующих агентов без нанесения ущерба потребительским характеристикам и показателям безопасности;
- ♦ исследовать влияние технологических факторов реального производства на качество продукции и создание технологических основ процесса.

При разработке технологий вакуумирования плодоовощного сырья необходимо иметь в виду, что вакуумная упаковка, являясь одним из значимых достижений развития упаковочных технологий, тем не менее так и не смогла решить ряд существенных проблем, связанных с хранением скоропортящихся продуктов в безвоздушном пространстве. Механическая деформация продукта приводит не только к нарушению текстуры продукта, но и, вследствие воздействия стенок многослойного барьерного пленочного материала, к выделению влаги. В результате наблюдается снижение уровня содержания витаминов, формируется жидкая среда, способству-

ющая распаду клеток и старению. Данное обстоятельство критично для сочных свежих продуктов, в частности, для свежих овощей.

Кроме того, поскольку обработка овощей пищевыми добавками перед вакуумированием не освобождает полностью продукт от микрофлоры, вторая проблема при использовании вакуумной упаковки – риск развития анаэробов с выделением токсинов.

Третья проблема, связанная с вакуумированием скоропортящихся продуктов, – изменение их вкуса. Выделение влаги внутри вакуумной упаковки приводит к обезвоживанию продукта и незначительному изменению его вкусовых свойств.

Для решения вышеописанных проблем специалистами РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» проведен ряд комплексных исследований по разработке и внедрению на производство технологий вакуумирования подготовленных овощей. Более 550 экспериментов с контролем органолептических, микробиологических, структурно-механических показателей продукции, исследования упаковочных материалов, условий производства и отработка технологических параметров позволили создать научную базу производства вакуумированных подготовленных овощей. На основании установленных закономерностей в ходе проведенных исследований создана и внедрена на производстве ОАО «Комбинат «Восток» Гомельского района технология производства подготовленных овощей в полимерной упаковке, упакованных под вакуумом (рис. 2). В 2016 году предприятием выпущено 31,85 тонн овощей-полуфабрикатов, за 1 квартал 2017 года выпуск составил 32 тонны.



Рис. 2. Подготовленные овощи в вакуумной упаковке

Выпуск такой же продукции освоили КСУП «Брилево» Гомельского района, фермерские хозяйства «Фортуна» Барановичского района, «Горизонт» Мостовского района и ряд других.

Технология упаковки продуктов питания в газомодифицированной среде появилась как развитие технологии вакуумирования и основана на замещении воздуха, находящегося внутри упаковки, смесью инертных газов (как правило азота и углекислого газа), исключаяющей или замедляющей процесс окисления (порчи) пищи. Низкий уровень кислорода предотвращает развитие и размножение грибков, бактерий и иных микроорганизмов. В результате длительных экспериментальных исследований было доказано, что углекислый газ оказывает консервирующее воздействие на рост микроорганизмов, находящихся на поверхности продукта в результате полученного естественного заражения. Кроме того, установлено, что азот – инертный газ, использующийся в качестве «разбавителя» смеси (как средство вытеснения из упаковки кислорода), плохо растворяется в воде и жирах, не оказывает прямого бактериостатического воздействия и не влияет непосредственно на стабильность упакованного продукта. Присутствие кислорода в газовой смеси не позволяет «строгим анаэробам» развивать активную жизнедеятельность.

Подготовка фруктов и овощей к упаковке в газомодифицированной среде не требует дополнительных операций и осуществляется по классической схеме. Основную задачу при разработке названных технологий составляет подбор полимерного материала, обеспечивающего высокий микробиологический барьер и оптимальную проницаемость газов и водяных паров. Также мало изученными являются составы газовых смесей и практические вопросы обеспечения их гарантированной микробиологической чистоты.

Еще одним перспективным и активно развивающимся во всем мире направлением технологий консервирования является заморозка овощей и фруктов. Основными потребителями замороженных полуфабрикатов являются жители Европы, США и Японии. Так, например, потребление замороженных продуктов в США и Швеции превышает 50 кг на душу населения в год и, по прогнозам аналитиков, в этих странах ожидается дальнейший рост рынка [1].

На мировом рынке замороженной продукции доминируют транснациональные концерны – Nestle, KraftFood, Ajinomoto, которые, однако, вынуждены конкурировать с многочисленными региональными производителями. Основной доход (40% выручки) приносят продажи замороженных готовых блюд.

Ассортимент замораживаемой продукции зависит от национальных традиций, спроса населения, активности продвижения товара на рынок, а также развитости холодильной цепи от сырьевой базы до домашней холодильной и тепловой техники. В настоящее время производится и потребляется более 10 тыс. видов замороженной продукции.

Современный образ жизни диктует необходимость поиска принципиально новых подходов к питанию, поэтому в мире активно развивается концепция производства полноценных обеденных блюд в виде готовых к употреблению либо полуфабрикатов высокой степени готовности, из высококачественных ингредиентов, сбалансированных по пищевой ценности.

Представленные на зарубежном рынке замороженные готовые блюда можно классифицировать по целевому назначению следующим образом: повседневные обеды, блюда праздничной кухни, ужины для одного-двух человек или для целой семьи, еда для тех, кто не может пользоваться столовой в течение дня, специальные наборы для отдыхающих за городом, блюда, соответствующие требованиям определенных лечебных диет, и др.

Из всего разнообразия перспективного ассортимента следует выделить группу «вязких» блюд или супов-пюре, в т. ч. с кусочками отдельных ингредиентов. Производство таких супов достаточно технологично при наличии соответствующего оборудования, а состав может быть разработан в соответствии с потребительскими предпочтениями и/или целевым назначением.

Все выше сказанное свидетельствует об актуальности развития в нашей стране такого мощного направления, как заморозка. Однако в настоящее время на отечественном рынке данная категория продукции практически отсутствует, а уровень организации замороженных продуктов в республике крайне низок. Поточно-механизированными линиями шоковой заморозки располагают 6 предприятий. В связи с этим целесообразным и перспективным является создание специализированного энергоэффективного отечественного предприятия, ориентированного на выпуск готовых к употреблению после разогрева обеденных и закусочных блюд, замороженных десертов в потребительской упаковке.

Рынок традиционных продуктов имеет устоявшиеся значения и рост объемов продаж возможен лишь за счет доли конкурентов. Эффективным способом увеличения конкурентоспособности предприятия является освоение производства инновационных продуктов питания. Это особенно актуально для развития сегмента стерилизованной продукции, представленного традиционными для предприятий отрасли стерилизованными обеденными и закусочными консервами в стеклянных банках

За рубежом данный сегмент консервированной продукции претерпел серьезные изменения за счет применения нетривиальной упаковки, широкого ассортимента и разнообразия состава, включающего не только овощные компоненты, но и макаронные изделия, рис, мясо, рыбу. В последнее время наблюдается повышение спроса на готовые многокомпонентные вторые обеденные блюда или блюда типа «Легкий обед» или «Ланч», в которых изделия из рыбы или

мяса гарнируются отварными, обжаренными, тушеными или запеченными овощами, картофелем, кашами, бобами или их смесью, а также соусами и приправами (рис. 3).



Рис. 3. Готовые обеденные блюда

Существенные изменения и переоснащение произошли и консервной отрасли нашей республики. Ранее основная масса предприятий отрасли была оснащена вертикальными двухкорзинчатыми водяными автоклавами с ручным управлением процессом. Соблюдение параметров стерилизации напрямую зависело от квалификации и психо-физического состояния оператора. Обслуживание одновременно более трех автоклавов часто приводило к погрешностям в управлении процессом и отражалось на качестве продукции. Колебание давления в аппарате при высоких температурах не столь существенно оказывало влияние на фасованный продукт, укуренный обкатными крышками. При переходе к использованию тары и крышек резьбового типа очень важным оказалось точное соблюдение соотношений между температурными и барометрическими параметрами в процессе стерилизации.

Ключевым условием проводимой реконструкции ведущих предприятий республики стало обновление имеющегося парка стерилизационного оборудования. Было закуплено оборудование ведущих европейских производителей: Barriguand (Франция), FMC (Бельгия), Panini (Италия), Lagarde (Франция) и других.

Основная масса используемого в республике стерилизационного оборудования представлена автоклавами горизонтального исполнения, что улучшило доступность их обслуживания, исключило применение подъемно-транспортных устройств для перемещения и загрузки в аппараты автоклавных корзин. Использование квадратных и прямоугольных корзин позволило максимально механизировать процесс их загрузки и выгрузки. Применение более вместительных корзин, чем для вертикальных водяных автоклавов, позволяет сокращать удельный расход энергетических и водных ресурсов при стерилизации однотипных продуктов.

В горизонтальных автоклавах обеспечивается практически однородное поле температуры на протяжении всего цикла стерилизации. Это позволяет повысить надежность процесса.

Установленные на отечественных предприятиях автоклавы подразделяются:

- ♦ по типу греющей среды на паровоздушные, водяные распылительного, каскадного и погружного типа;
- ♦ по способу охлаждения – на автоклавы с предохлаждением, с орошением водой, с водяным душем, с регулируемым заливом, с полным заливом;
- ♦ по способу открытия дверей – с горизонтальным и с вертикальным открытием.

Кроме автоклавов периодического действия, на предприятиях республики эксплуатируются пастеризаторы и стерилизаторы непрерывного действия как продуктов в упаковке, так и внутрипоточной обработки продукта с дальнейшим асептическим или горячим розливом.

В мировой практике применяется двустадийная стерилизация – способ термической обработки продукции, позволяющий снизить энергозатраты и улучшить качество готового продукта. Суть его заключается в том, что на первом этапе подготовленный продукт нагревают в пото-

ке до заданной температуры стерилизации, выдерживают при этой температуре определённое время, необходимое для подавления жизнедеятельности микроорганизмов, вызывающих порчу продукта и опасных для здоровья человека, и затем охлаждают до температуры выше температуры фасования. На втором этапе стерильный продукт немедленно фасуют в подготовленную тару, герметизируют и подвергают пастеризации или стерилизации в пастеризаторах непрерывного действия или в стерилизаторах по «умягчённому» режиму, необходимому для подавления жизнедеятельности вторичной микрофлоры, попавшей в продукт из воздуха, поверхности упаковки, технологического оборудования.

Данный способ является перспективным при производстве соковой продукции овощного ассортимента, расфасованной в стеклянную тару. В настоящее время он применяется для производства овощных соков в стеклобутылке на ООО «Фирма АВС».

Научное сопровождение процесса стерилизации предусматривает проведение исследований, устанавливающих зависимость параметров термообработки в аппарате конкретного типа для каждого вида продуктов. Многофакторность зависимостей микробиологической стабильности продукции требует не только знаний теплофизических характеристик, но и состава исходной микрофлоры и ее поведенческих реакций при определенных уровнях активной кислотности продукта, наличия жира, уровня сахаров, консистенции и т.д.

Специалистами РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» для предприятий республики за последние 10 лет разработано более 1500 режимов стерилизации различных консервированных продуктов, иллюстрация одного из них представлена на рис. 4.

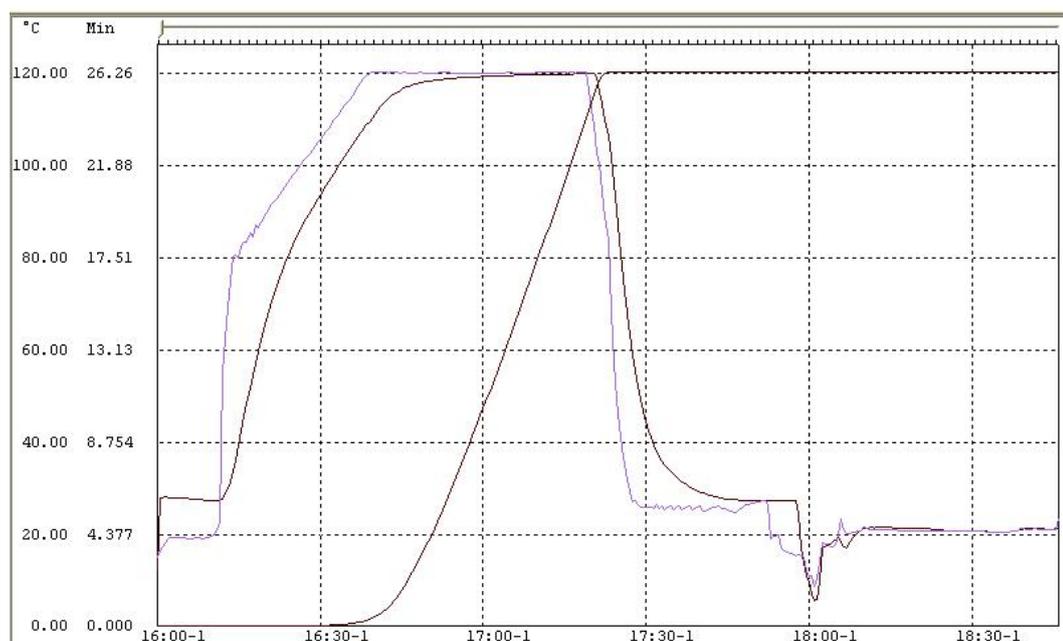


Рис. 4. График режима стерилизации консервов «Горошек зелёный консервированный» в стеклбанке объемом 450 мл

Такая научно обоснованная база позволяет гарантировать безопасность и высокое качество отечественных консервов.

На нынешнем этапе перед наукой и производством стоят задачи совершенствования режимов термической обработки с целью минимизации термической обработки нагрузки и более полного сохранения термонеустойчивых биологически активных веществ. Особенно актуальным этот подход становится для продуктов, стерилизуемых внутривидово, а также при использовании новых видов тары (стерилизуемых пластиков, тары из комбинированных материалов).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павловская, Л. М. Перспективные направления научных исследований процессов консервирования овощей и фруктов: производство ферментированных продуктов / Л. М. Павловская, С. Н. Голубева // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – №1. – С.63-68.
2. Анализ мирового рынка замороженных овощей 2012-2016 гг. / ООО «Бизнес Стат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://businessstat.ru/russia/food/fruit\\_and\\_vegetables/frozen\\_fruit\\_and\\_vegetables/?yclid=1707058626798556044](http://businessstat.ru/russia/food/fruit_and_vegetables/frozen_fruit_and_vegetables/?yclid=1707058626798556044). – Дата доступа: 04.04.2017.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.06.2017*

**L. M. Paulouskaya, N. V. Fedorova-Hudz**

### SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF CANNING VEGETABLES AND FRUITS

The main ways of preserving of food products in relate to modern consumption trends is considered in this article. Scientific approaches to solve of technological issues are indicated. Ways of improving the production of canned products in Belarus are suggested.

Keywords: methods of preservation, fermentation, vacuum packing of vegetables, frost, sterilization.

УДК 51-74+641.1

*Приведены результаты исследований по созданию на основе математического моделирования универсальных комплексных обогащающих смесей для пищевых продуктов, отличающихся повышенным содержанием минеральных веществ и витаминов, а также повышенной биологической ценностью. Разработана математическая модель, которая позволяет подобрать оптимальное количество компонентов в обогащающих смесях при задаваемых условиях.*

*Ключевые слова:* комплексные обогащающие смеси, математическая модель, отруби пшеничные, пшеничные зародышевые хлопья.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА НАТУРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ОБОГАЩАЮЩИХ СМЕСЕЙ

УО «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Е.В. Коляда, кандидат технических наук,  
доцент кафедры товароведения продовольственных товаров*

Производство полноценной и здоровой пищи во все времена было одной из важнейших задач, стоящих перед человечеством. Проблема сбалансированного рационального питания остается актуальной и сегодня. По объективным и субъективным причинам в рационе питания населения Республики Беларусь отмечается несбалансированность по основным пищевым веществам — белкам, углеводам, минеральным элементам, витаминам и пищевым волокнам, а также нерациональное их соотношение. Несбалансированность пищевого рациона и сложная экологическая обстановка являются серьезными факторами ухудшения здоровья населения.

Одним из путей решения проблемы улучшения качества жизни, поддержания здоровья, работоспособности и долголетия людей является создание обогащенных продуктов питания.

Сегодня покупатели все больше отдают предпочтение продуктам питания природного происхождения и востребованными становятся продукты, обладающие высокой пищевой и энер-

гетической ценностью и содержащие оптимальное количество всех основных пищевых веществ.

Однако традиционные технологии производства пищевых продуктов приводят к заметному снижению их пищевой и биологической ценности, что вызывает в рационе питания человека дефицит ряда незаменимых компонентов питания. Перспективным направлением решения задачи стабильного обеспечения населения продуктами хорошего качества и высокой пищевой ценности является их обогащение природными компонентами, натуральными добавками. При этом полученный обогащенный пищевой продукт должен обладать всем комплексом функциональных свойств для данного типа продукции, сохраняющих и улучшающих здоровье человека в течение всего срока годности продукта [1].

Пищевые добавки природного происхождения в составе продуктов питания при систематическом употреблении обеспечивают организм энергией и регулируют физиологические функции. В большинстве случаев добавки вносятся для улучшения органолептических свойств продуктов, поэтому потребность в них особенно возросла в связи с увеличением спроса на более питательные пищевые продукты.

Разработка натуральных пищевых добавок, в том числе комплексных (многокомпонентных) смесей, позволит создать обогащенные продукты питания, с повышенным содержанием основных пищевых и биологически активных компонентов при наиболее полном сохранении полезных природных свойств сырья, обеспечить полноценное питание, профилактику многих заболеваний и адаптацию человека к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Такие продукты являются объектами инновационной деятельности и могут быть выделены в отдельный товарный класс.

Цель представленного исследования – создание универсальных комплексных обогащающих смесей для пищевых продуктов, имеющих повышенные биологическую ценность и содержание минеральных веществ и витаминов.

Установлено, что натуральные комплексные обогащающие смеси имеют более сбалансированный состав, чем отдельные пищевые компоненты. Проведен ряд экспериментов по проектированию на основе математического моделирования комплексных обогащающих смесей с направленным химическим составом, регулируемым в соответствии с современными физиологическими нормами питания. Основываясь на принципах формирования состава обогащающих смесей, используемых в производстве пищевых продуктов, при разработке описываемых обогащающих смесей подобрали и изучили возможные монокомпоненты, их состав, взаимозаменяемость, достигаемый при использовании технологический эффект.

Для проектирования комплексных обогащающих смесей с заданными свойствами использовали метод компьютерного моделирования рецептур новых продуктов, применяя инструмент «Поиск решения», программное обеспечение Microsoft Excel. Изменяя виды и количество вводимых компонентов и, соответственно, соотношение элементов химического состава, можно регулировать свойства конечных продуктов.

На основе критерия оптимизации выбираются оптимальные значения проектируемого состава комплексных обогащающих смесей с учетом заданных ограничений. Такими ограничениями являлись значения биологической ценности белков для комплексных обогащающих смесей, а также максимальные значения минерального состава и витаминов.

В соответствии с существующей международной практикой установлено, что содержание вносимых обогащающих компонентов в продуктах питания должно находиться на уровне, обеспечивающем поступление со средней суточной порцией этого продукта не менее 10 % рекомендуемого среднего суточного потребления человеком незаменимых веществ.

Это требование основано на данных о том, что реальный дефицит пищевых веществ, в том числе белков, минеральных веществ и витаминов, в обычном рационе современного человека находится в пределах 10-50 % от их регламентируемого уровня потребления. Обогащенный таким образом продукт позволяет эффективно восполнить имеющийся дефицит, а остальные 50-90 % необходимых пищевых веществ поступают с другими входящими в рацион продуктами, обычными или обогащенными [2, 3].

Проведены исследования по изучению возможности создания комплексных обогащающих смесей на зерновой основе с повышенным содержанием минеральных веществ и витаминов, а также с повышенной биологической ценностью белков. При этом использовались основные научные принципы и подходы к обогащению пищевых продуктов, разработанные отечественной и зарубежной наукой [4].

Априорной составляющей для всех обогащающих компонентов была ориентация на универсальность применения (в возможных границах относительности этого понятия) для пищевых продуктов. В связи с этим при проектировании рецептур комплексных обогащающих смесей, а также исследовании отдельных компонентов учитывалась не просто количественная характеристика содержания аминокислот, а их взаимосбалансированность, которая позволила прогнозировать эффективность их использования в организме, а, следовательно, и эффективность предлагаемых комплексных обогащающих смесей и их технологий.

При проектировании аминокислотного состава важным является не только содержание аминокислот, но и степень сбалансированности незаменимых аминокислот идеального белка. Разрабатываемые комплексные обогащающие смеси оптимизировались по следующим критериям: белковый профиль (аминокислотный состав и скоры аминокислот, максимальная степень утилизации аминокислот); по показателю пластического использования белка, биологической ценности и по коэффициенту эффективности белка, а также применялись критерии соответствия суточной потребности человека в минеральных элементах и витаминах.

На основании полученных данных разработан состав комплексных обогащающих смесей с учетом следующих требований:

1. Основное сырье должно быть относительно доступным и недорогим (в разработанных комплексных обогащающих смесях в качестве основного обязательного сырья используются пшеничные отруби и пшеничные зародышевые хлопья);
2. Использование несложных способов подготовки и обработки сырья для достижения порошкообразного состояния;
3. Обеспечение в комплексных обогащающих смесях оптимального аминокислотного состава белков, минерального состава и витаминов;
4. Приемлемые органолептические характеристики обогащающих компонентов, позволяющие их использование в производстве пищевых продуктов.

Моделирование и расчет основных критериев оптимизации состава проектируемых комплексных обогащающих смесей осуществляли посредством алгоритма (рис. 1).

На основе проведенных исследований был сформирован банк исходных данных химического, аминокислотного, минерального и витаминного состава обогащающих компонентов: пшеничных отрубей (ПО), пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ), пивной дробины (ПД), сухой пшеничной клейковины (СПК), морковного жома (МЖ) и свекловичного жома (СЖ), сухого обезжиренного молока (СОМ). Затем проведена оценка различных вариантов соотношений обогащающих компонентов, входящих в состав комплексных обогащающих смесей.

По результатам исследований были разработаны следующие составы обогащающих смесей:

- ♦ отруби пшеничные и (или) пшеничные зародышевые хлопья (в различных соотношениях);
- ♦ отруби пшеничные и компоненты (пивная дробина и (или) сухая пшеничная клейковина и (или) свекловичный жом и (или) морковный жом и (или) сухое обезжиренное молоко);
- ♦ пшеничные зародышевые хлопья и компоненты (пивная дробина и (или) сухая пшеничная клейковина и (или) свекловичный жом и (или) морковный жом и (или) сухое обезжиренное молоко).

В составе комплексных обогащающих смесей вариативными компонентами были набор и количество добавок, которые задавались в компьютерной программе как необходимые для выполнения.

Описание проектирования.

Обозначим:  $x_j$  – количество  $j$ -го вида продукта в составе смеси.

Так как в дальнейшем необходимо будет учитывать целое количество процентов, то зададим пределы изменения данного параметра от 0 до 100.

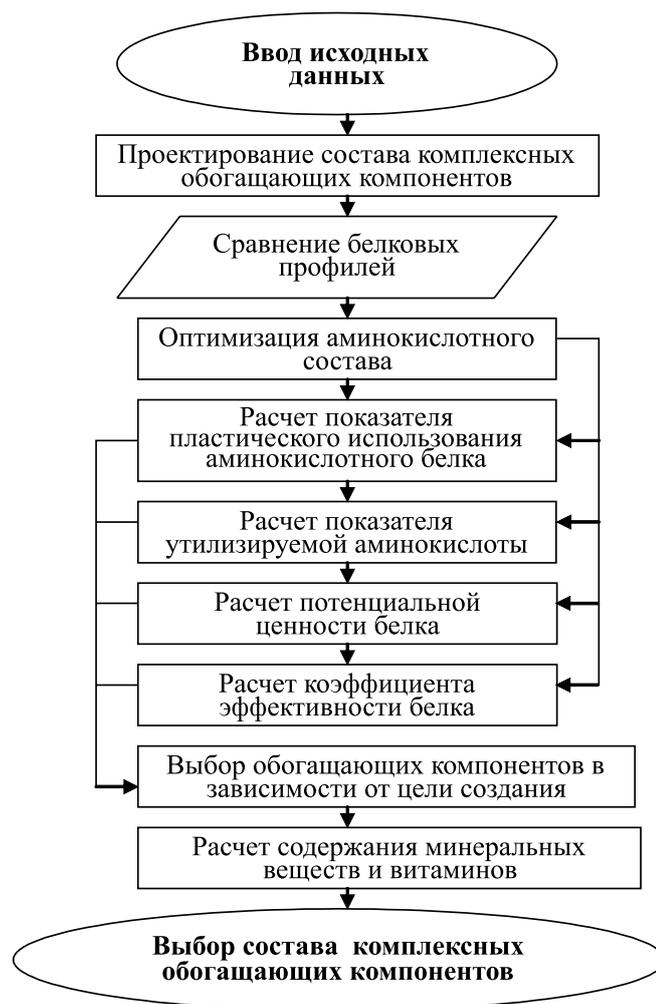


Рис. 1. Алгоритм моделирования оптимального состава комплексных обогащающих смесей

Входные параметры проектирования:

$a_{ij}$  – количество  $i$ -го минерального вещества, витамина в единице  $j$ -го продукта,  $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, n$ .

$A_i^{\min}, A_i^{\max}$  – минимальные и максимальные нормы содержания минеральных веществ, витаминов в составе смеси.

$b_{kj}$  – количество  $k$ -ой аминокислоты в единице  $j$ -го продукта  $k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, n$ .

$B_k$  – идеальное содержание  $k$ -ой аминокислоты в составе смеси;

$\Delta_k^+, \Delta_k^-$  – допустимое увеличение и уменьшение содержания  $k$ -ой аминокислоты, выраженное в процентах.

При построении оптимизационной модели за целевую функцию примем достижение оптимального количества аминокислот белка до 36 (формула 1).

$$f = C - \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C$  – идеальный белок, 36;  $c_j$  – содержание аминокислот в  $j$ -ом продукте.

Ограничения будут описывать допустимое содержание минеральных веществ, витаминов и аминокислот (формулы 2; 3; 4; 5; 6):

$$\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} \cdot x_j}{100} \leq A_i^{\max}, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} \cdot x_j}{100} \geq A_i^{\min} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{b_{kj} \cdot x_j}{100} \leq B_k (1 + \Delta_k^+) \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{b_{kj} \cdot x_j}{100} \geq B_k (1 - \Delta_k^-) \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = 100, \quad (6)$$

$$x_j \geq 0.$$

Для более удобного практического применения введем дополнительное условие целочисленности переменных:  $x_j$  – целое,  $j = 1, \dots, n$ .

Данная система образует математическую модель задачи, которая позволит подобрать оптимальную структуру смеси обогащающих компонентов при вышеуказанных условиях. В данную модель можно вводить дополнительно условия по ограничению доли определенных продуктов. Таким образом, варьируя дополнительные условия и значения правых частей ограничений, можно получить набор составов, каждый из которых будет удовлетворять определенным условиям.

На базе имеющейся научно-технической информации, обширных статистических данных и на основании вышеизложенного, нами определена дозировка отдельных компонентов в составе комплексных обогащающих компонентов, обязательным составным компонентом которых являются пшеничные отруби и пшеничные зародышевые хлопья. Для определения соотношения компонентов в комплексных обогащающих смесях использовали программу Microsoft Excel, которая позволила выйти на оптимальные соотношения компонентов, обеспечивая при этом содержание незаменимых веществ, максимально приближенное к рекомендуемым нормам их потребления. Состав разработанных комплексных смесей приведен в табл. 1.

**Таблица 1. Состав компонентов комплексных обогащающих смесей**

Вариант	Содержание обогатительных компонентов, % массы общего состава						
	ПО	ПЗХ	ПД	СПК	СЖ	МЖ	СОМ
1	29,576	70,424	–	–	–	–	–
2	28,337	27,690	20,050	23,923	–	–	–
3	10,880	41,541	17,020	10,559	–	–	20,0
4	41,090	–	24,766	20,450	–	–	13,694
5	35,005	–	19,980	20,662	–	14,371	9,982
6	–	41,400	14,242	21,930	5,0	–	17,428
7	–	37,469	29,555	24,093	–	–	8,883
8	–	25,650	42,004	18,656	–	–	13,69

Как указывалось выше, при проектировании аминокислотного состава важным является не только содержание аминокислот, но и степень сбалансированности незаменимых аминокислот идеального белка. Разрабатываемые комплексные обогащающие смеси оптимизировались по следующим критериям: белковый профиль (аминокислотный состав и скоры аминокислот, максимальная степень утилизации аминокислот); по показателю пластического использования белка, биологической ценности и по коэффициенту эффективности белка, а также применялись критерии соответствия суточной потребности человека в минеральных элементах и витаминах.

Белковая часть в исследуемых компонентах играет роль стимулятора регенерации тканей в организме человека, поэтому при разработке смесей уделялось внимание гармонизации бел-

ковых профилей и повышению эффективности белков. Была проведена оценка аминокислотной сбалансированности и биологической ценности составленных компонентов. Определение оптимальной дозировки слагаемых ингредиентов смесей проводили расчетным путём.

Допустим,  $n$  – количество ингредиентов,  $m$  – число аминокислот или комбинаций аминокислот, входящих в стандарт  $(f_1, f_2, f_3, \dots, f_n)$  – вектор, элементы которого равны содержанию аминокислот в идеальном белке (в г на 100 г белка). Допустим, матрица  $A$  характеризует аминокислотный состав рецептурных ингредиентов: ее элементы  $A_{ij}$  равны количеству  $j$ -й аминокислоты (г на 100 г) в  $i$ -м ингредиенте ( $i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m$ ), а вектор  $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$  соответствует содержанию белка в ингредиентах, выраженному в виде массовой доли. Допустим,  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  – рецептурный вектор долей ингредиентов в готовом продукте. Тогда аминокислотный состав готовых смесей можно определить по формуле:

$$(a_1, a_2, a_3, \dots, a_m)' = A(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (\text{или})$$

$$a_i = x_1 A_{1j} + x_2 A_{2j} + \dots + x_n A_{nj} \quad (\text{уравнение материального баланса}). \quad (7)$$

Содержание белка определяли по формуле:

$$p = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n. \quad (8)$$

Тогда содержание аминокислот в г на 100 г белка проектируемых смесей равно:

$$y = \frac{a_j}{p} = \frac{x_1 A_{1j} + x_2 A_{2j} + x_3 A_{3j} + \dots + x_n A_{nj}}{x_1 p_1 + x_2 p_2 + x_3 p_3 + \dots + x_n p_n}. \quad (9)$$

Соответствующие аминокислотные скоры определяются по формуле 1. Лимитирующий скор  $AC_{\min}$  равен минимуму:

$$AC_{\min} = \min(AC_1, AC_2, AC_3, \dots, AC_m). \quad (10)$$

Соответствующая ему аминокислота или комбинация аминокислот – лимитирующая.

Лимитирующими аминокислотами для спроектированных вариантов смесей на основе пшеничных отрубей и пшеничных зародышевых хлопьев определены изолейцин (в смесях, в составе которых пшеничные отруби составляют до 35 %, пшеничные зародышевые хлопья до 41 %) и лизин (в смесях, в составе которых пшеничные отруби составляют до 30% и пшеничные зародышевые хлопья до 35 %); а также для вариантов смесей на основе пшеничных зародышевых хлопьев с компонентами сухой пшеничной клейковины (до 6%) и сухим обезжиренным молоком (до 4%).

Изучив аминокислотный состав исходных компонентов и разработанных на их основе комплексных обогащающих смесей, определили биологическую ценность последних. Учитывая тот факт, что общепризнанного мнения относительно характера перевариваемости белков различного происхождения сегодня не существует, особое внимание было уделено изучению анаболической эффективности новых смесей.

Для выполнения в организме пластической функции белки пищи должны состоять из взаимосбалансированных количеств незаменимых аминокислот. Однако определение эффективности белка базируется не только на расчетах аминокислотного скоры, так как скор показывает предел использования азота данного вида белка для пластических целей. Избыток других содержащихся в белке аминокислот может быть использован в качестве источника неспецифического азота или на энергетические нужды организма, т.е. утилизироваться.

Показатель скоры  $C_j$ , оценивающий качество белка с точки зрения конкретной эссенциальной аминокислоты, весьма важен, но не лишен ограничений. Он является дифференциальным, т.е. оценивает одну аминокислоту относительно ее эталона, тогда как важен и интегральный показатель, характеризующий качество белка в целом. Поэтому показатель скоры не является показателем биологической ценности белка и между этими показателями необходима взаимосвязь.

Таким образом, разработана математическая модель, которая позволяет подобрать оптимальное количество обогащающих компонентов при задаваемых условиях. Разработан состав обогащающих смесей на зерновой основе. Установлено, что содержание отдельных компонентов

можно варьировать, включая в состав комплексных обогащающих смесей: пшеничных отрубей, пшеничных зародышевых хлопьев до 70 %; пивной дробины, сухой пшеничной клейковины до 30 и 24 % соответственно; морковного жома, сухого обезжиренного молока до 14 %; свекловичного жома – до 5 % от общей массы смесей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ рынка многокомпонентных смесей для производства хлебобулочных изделий / О. Стабровская [и др.] // Хлебопродукты. – 2011. – № 1. – С. 46–47.
2. Глазкова, И. В. Оптимизация рационов питания с использованием компьютерных технологий / И. В. Глазкова, Ю. А. Ивашкин // Пищевая промышленность. – 2010. – № 6. – С. 61–63.
3. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79. – С. 23–33.
4. Методические рекомендации по обогащению витаминно-минеральными комплексами массовых сортов хлебобулочных изделий, вырабатываемых по национальным стандартам (2.3.2.2571–10) // Хлебопекарное производство. – 2010. – № 8. – С. 30–47.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.08.2017*

**E. V. Kolyada**

### MATHEMATICAL MODELING OF THE COMPOSITION OF NATURAL COMPLEX ENRICHMENT MIXTURES

The results of research of creation of universal optimized complex enriched mixtures on the basis of math modeling with increased content of minerals and vitamins and increased biological value of proteins for foodstuffs are conducted. Mathematical model, which allows to select optimal number of components in the enriched mixtures in the given conditions, is worked out.

Keywords: complex enriching mixtures, mathematical model, wheat bran, wheat germinal flakes.

УДК 664.85.014:634.723.1

*Работа посвящена исследованию сортов смородины черной. Приведены результаты изучения химического состава ягод и продуктов переработки. Установлены изменения содержания титруемых кислот, витамина С, пектиновых и фенольных веществ, сохранение окраски в процессе переработки ягод.*

*Ключевые слова: черная смородина, химические показатели, титруемые кислоты, пектиновые вещества, фенольные вещества.*

## ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ КОНСЕРВИРОВАНИЯ

**РУП «Институт плодоводства», аг. Самохваловичи,  
Минский район, Республика Беларусь**

*М.Г. Максименко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник*

В садах Республики Беларусь наиболее распространенной ягодной культурой является смородина черная. Она характеризуется пластичностью, скороплодностью, пригодностью к механизированной уборке, быстрой окупаемостью вложенных средств. Ягоды и продукты переработки из смородины черной отличаются высоким содержанием многих ценных биологически активных веществ. По содержанию витамина С они уступают только шиповнику и актинидии

[1, 2]. Организм человека не может синтезировать и накапливать витамин С и поэтому должен получать его с пищей. Суточная потребность взрослого человека в нем составляет в среднем 50-70 мг [3]. Для этого достаточно употребить около 50 г ягод смородины черной. Смородина черная богата и фенольными соединениями (катехинами, антоцианами, антоцианидами, флавонолами, оксикоричными кислотами), что в сочетании с витамином С имеет большое значение при лечении некоторых заболеваний [4]. Ягоды и продукты переработки смородины черной богаты и пектиновыми веществами. Поэтому могут широко использоваться в профилактическом питании лиц, подвергшихся воздействию неблагоприятных факторов производственной и окружающей среды. Протекторные действия пектиновых веществ обусловлены их способностью связывать в толстой кишке токсичные вещества. Образующие при этом нерастворимые соединения (пектаты, пектинаты) не всасываются и выводятся из организма. Для смородины черной характерно высокое содержание органических кислот. Среди кислот преобладают яблочная и лимонная, содержатся также кофейная, хинная, хлорогеновая, янтарная, румаровая, салициловая. Органические кислоты являются исходным строительным материалом для синтеза углеводов, аминокислот и жиров. Они играют определенную роль в сохранении кислотно-основного равновесия организма. Отдельные кислоты, в частности яблочная, обладают некоторым радиозащитным действием [5, 6].

Потребление ягод смородины черной в свежем виде ограничивается коротким периодом – от созревания до окончания сбора, и избыточной кислотностью. Поэтому их в основном перерабатывают, что помогает восполнить недостаток витаминов в организме человека в зимне-весенний период. Все черносмородиновые консервы довольно богаты полезными химическими соединениями, но содержание их зависит от вида переработки и от сортовых особенностей сырья, так как при проведении технологических операций, хранении продукции происходят различного рода их превращения [7, 8].

Целью исследований являлось исследовать химический состав ягод смородины черной и его изменение в продуктах переработки.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись ягоды сортов смородины черной Белорусская сладкая, Загадка, Катюша, Клуссоновская, Купалинка, Наследница, Память Вавилова, Церера и продукты их переработки: компот; ягоды протертые с сахаром; ягоды дробленые с сахаром; нектар с мякотью. Исследования осуществляли согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [9].

Биохимические показатели определяли следующими методами: титруемую кислотность – титрованием 0,1 н. раствором NaOH с пересчетом по яблочной кислоте по ГОСТ 25555.0, содержание сахара – по методу Бертрана в модификации Вознесенского; пектиновых веществ – спектрофотометрически карбазольным методом; витамина С (сумма аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот) – спектрометрически после реакции с  $\alpha$ - $\alpha$ -дипиридиллом; сумму фенольных соединений – спектрофотометрически с использованием реактива Фолина-Дениса, интенсивность окраски – спектрометрически по коэффициентам поглощения при длине волн 420 и 520 нм [10].

В статье представлены средние данные по 10 сортам смородины черной по результатам двухлетнего изучения. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты исследований представлены в таблице.

Ягоды исследуемых сортов смородины черной содержали (в среднем по 10 сортам) титруемых кислот от 2,42 % до 3,50 %, что в среднем составило 3,03 %. Пектиновых веществ в плодах было от 1,16 до 1,56 %, в среднем – 1,33 %. Изученные сорта различались по содержанию витамина С от 134,2 мг/100 г до 271,9 мг/100 г, при среднем содержании 158,8 мг/100 г. Фенольные соединения находились в пределах от 253,5 мг/100 г до 525,8 мг/100 г, при среднем содержании 366,1 мг/100 г. Коэффициент интенсивности окраски составил по всем сортам 0,44 – 0,64, при среднем значении 0,56. По результатам исследований хочется отметить сорт Белорусская сладкая, ягоды которого по сравнению с остальными изученными характеризовались более насыщенной окраской и содержали максимальное количество витамина С и фенольных соединений.

**Таблица. Содержание химических веществ в свежих ягодах смородины черной и их изменение в продуктах переработки (среднее по 10 сортам), на сырую массу**

Наименование продукта		Титруемые кислоты, %	Витамин С, мг/100 г	Сумма фенольных соединений, мг/100 г	Сумма пектиновых веществ, %	Интенсивность окраски
Свежие ягоды	lim	2,42 - 3,50	134,2 - 271,9	253,5 - 525,8	1,16 - 1,56	0,44 - 0,64
	x	3,03	158,8	366,1	1,33	0,56
Изменение (сохранность) в % от исходного содержания в сырье						
Компот	lim	49,2 - 78,5	43,8 - 90,3	32,6 - 64,9	46,2 - 68,2	26,7 - 52,3
	x	59,2	71,1	49,5	56,3	37,2
Ягоды протертые с сахаром	lim	52,2 - 57,7	37,4 - 64,3	30,6 - 43,6	44,0 - 55,2	18,2 - 39,3
	x	54,9	54,1	38,7	50,1	25,4
Нектар с мякотью	lim	32,2 - 95,9	45,0 - 67,0	24,0 - 53,5	41,3 - 55,7	14,1 - 35,4
	x	57,5	56,0	35,7	47,0	25,0
Ягоды дробленые с сахаром	lim	50,0 - 66,0	43,5 - 66,5	41,6 - 66,1	57,3 - 77,3	20,7 - 43,7
	x	57,2	53,7	48,4	67,9	31,7

При переработке плодов, а также при хранении консервов происходят различного рода превращения химических веществ. В основном это окислительные реакции, приводящие к необратимому разрушению витаминов и других биологически активных веществ. Кроме того, при консервировании к плодам и ягодам добавляют сахар и воду. Естественно, что и в этом случае концентрация биоактивных веществ в конечном продукте уменьшается.

Анализируя полученные данные по изменению содержания химических веществ в продуктах переработки можно отметить следующее.

Изменение содержания титруемых кислот в исследуемых продуктах переработки в среднем отношении практически было почти одинаково – 54,9–59,2 % от исходного содержания в сырье.

В тоже время в зависимости от используемого помологического сорта в качестве сырья изменения содержания титруемых кислот в продуктах ощутимы и составили в компоте – 49,2–78,5 %, в ягодах, протертых – 52,2–57,7 %, в нектарах с мякотью – 32,2–95,9 %, в ягодах, дробленых с сахаром – 50,0–66,0 % от исходного содержания в свежих ягодах.

Черная смородина занимает одно из ведущих мест среди культурных плодовых и ягодных растений по содержанию витаминов, в частности витамина С и полифенолов, обуславливающих пищевые и лечебные достоинства этой ценной культуры. К сожалению, в процессе переработки и хранения консервов их количество снижается.

Сохраняемость витамина С в продуктах, изготовленных из плодов различных сортов, находилась в пределах: компот – 43,8–90,3 %, ягоды протертые с сахаром – 37,4–64,3 %, нектар с мякотью – 45,0–67,0 %, ягоды дробленые с сахаром – 43,5–66,5 %. Наибольшие потери наблюдались в протертых ягодах, т. е. в продуктах наиболее измельченных и наиболее длительное время контактирующих с кислородом воздуха при проведении технологических операций. Наилучшее сохранение витамина С отмечено в компотах (в среднем по 10 сортам – 71,1 %).

Ягоды свежей черной смородины отличаются высоким содержанием полифенолов. Однако при консервировании растительного сырья происходят потери фенольных соединений, обладающих Р-витаминной активностью, прежде всего из-за их окисления и полимеризации. Кроме того, фильтрование, отделение кожицы и мякоти при изготовлении консервов также приводит к потерям фенольных соединений [10]. В исследуемых черносмородиновых консервах содержание фенольных соединений уменьшилось по отношению к сырью на 35,7–49,5 %. Наиболее богаты этими соединениями компоты и дробленые ягоды.

Пектиновые вещества, являясь производными углеводов, в растительном сырье находятся в виде протопектина и растворимого пектина. В процессе изготовления консервов протопектин

при нагревании в кислой среде превращается в растворимый пектин. Кроме того, при технологических операциях и хранении продукции пектиновые вещества подвергаются распаду на галактуроновую кислоту, метиловый спирт, уксусную кислоту и сахара [10]. В наших образцах консервов пектиновые вещества, в среднем значении, изменялись по отношению к исходному на 47,0–67,9 %. Наибольшие потери этих соединений установлены в протертых плодах (61,3 %) и в нектарах с мякотью (64,3 %), так как в процессе протирания часть их осталась в отходах сырья.

Содержание пектиновых веществ в консервированной продукции сильно варьировало в зависимости от используемого помологического сорта в качестве сырья для переработки. Так, в 10 образцах компота, изготовленного из ягод разных сортов смородины, содержание пектинов составило 32,6–64,9 % от исходного содержания в сырье, в ягодах, протертых с сахаром, – 30,6–43,6 %, в нектарах с мякотью – 24,0–53,5 %, в ягодах, дробленных с сахаром, – 41,6–66,1 %.

К химическим процессам, протекающим при переработке и хранении продукции, относят меланоидинообразование. Меланоидинообразование – это неферментативная реакция взаимодействия редуцирующих сахаров с аминокислотами с последующей их конденсацией и полимеризацией, при этом образуются темноокрашенные соединения – меланоидины. Реакция начинается при тепловой обработке и завершается при хранении. В результате натуральный цвет плодов и ягод может изменяться. В исследуемых образцах консервов сохранение окраски свежих ягод составило 25,0 - 37,2%. Более интенсивно окрашены были компоты (31,7 %) и дробленые ягоды (37,2 %), т.е. те продукты, в состав которых входит кожица – наиболее окрашенная часть плода.

Таким образом, при переработке черной смородины, а также при хранении консервов происходят различного рода превращения и потери химических веществ.

Содержание в готовой продукции, то есть сохранение, титруемых кислот в зависимости от вида переработки, в среднем по 10 сортам, варьировало от 54,9 до 59,2 % от исходного содержания в сырье, пектиновых веществ – от 47, до 67,9 %, витамина С – от 53,7 до 71,1 %, фенольных соединений – от 35,7 до 49,5 %.

В компотах наиболее хорошо сохраняются витамин С (71,1 %) и фенольные соединения (49,5 %), а в ягодах, дробленных с сахаром, – пектиновые вещества (67,9 %).

По степени сохраняемости исходного качества сырья продукты переработки распределяются в следующий ряд: компот > ягоды, дробленные с сахаром > ягоды, протертые с сахаром > нектар с мякотью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вигоров, Л. И.* Биологически активные вещества ягод черной смородины и селекция на улучшенный их состав / Л. И. Вигоров // Культура черной смородины в СССР. – М., 1972. – С 16–23.
2. *Ширко, Т. С.* Биохимия и качество плодов / Т. С. Ширко, И. В. Ярошевич. – Минск: Наука і тэхніка, 1991. – 294 с.
3. *Скурихин, И. М.* Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2 / И. М. Скурихин, М. Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
4. *Стратейчук, М. А.* Проблемы потребления Р-витаминных веществ промышленного производства, их формы, взаимосвязь с витамином С и эффективность / М.А. Стратейчук // Витаминные и растительные ресурсы и их использование. – М.: МГУ, 1977. – С. 43–55.
5. *Кевра, М. К.* Растения против радиации / М.К. Кевра. – Мн.: Вышэйшая школа, 1993. – 350 с.
6. *Лойко, Р. Э.* Фрукты и овощи – источники здоровья / Р. Э. Лойко, З. А. Кавецкий. – Мн.: Лазурак, 2001. – 267 с.
7. *Сазонов, Ф. Ф.* Сравнительная оценка качества ягод черной смородины и продуктов переработки / Ф. Ф. Сазонов, А. Ф. Никулин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии № 4. – 2008. – С. 46–50.

8. Биохимический состав плодов и ягод и их пригодность для переработки / Н. И. Савельев [и др.]. – Мичуринск: ГНУ ВНИГиСПР им. И.В. Мичурина Россельхозакадемии, 2004. – 124 с.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / ВНИИСПК; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
10. *Марх, А. Т.* Технохимический контроль консервного производства / А. Т. Марх, Т. Ф. Зыкина, В. Н. Голубев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 304 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 05.05.2017*

**M. G. Maksimenka**

### **CHANGE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF BLACKCURRANT AT DIFFERENT WAYS OF CANING**

Work is devoted to a research of varieties of blackcurrant. Results of studying of the chemical composition of berries and products of processing are presented. Changes of content of titrable acids, vitamin C, pectinaceous and phenolic substances, conservation of coloring in the course of processing of berries are established.

Keywords: black currant, biochemical parameters, titrated acids, pectin substances, phenolic substances.

УДК 664.83

*Установлен усредненный по основным показателям состав картофеля, переработанного крахмальными заводами за 2006-2016 гг. Указаны требования к картофелю, необходимые для получения продукции высокого качества и снижения количества образующихся отходов. Установлено количество и агрегатное состояние отходов, образующихся при переработке картофеля на крахмал и картофелепродукты. Представлены технологические схемы утилизации картофельных отходов, а также результаты исследований физико-химических показателей, питательности и энергетической ценности мезги картофельной сухой.*

*Ключевые слова: переработка картофеля, картофелепродукты, мезга картофельная, отходы производства.*

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ СЫРЬЯ И ОТХОДОВ В КАРТОФЕЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*А. В. Куликов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники;*

*О. М. Куликова, инженер I категории отдела новых технологий и техники*

В настоящее время промышленная переработка картофеля в целом развивается в двух направлениях, отличающихся друг от друга набором технологических процессов: переработка картофеля на крахмал и переработка картофеля на продукты питания [1, 5].

Производство как крахмала, так и картофелепродуктов осуществляется в технологических линиях, на которых картофель подвергается воздействию различных факторов в процессе различных технологических операций. В результате, помимо основных продуктов, образуются разнообразные побочные продукты (отходы), которые необходимо утилизировать [2].

Наиболее обобщенно количество сухих веществ в картофеле можно представить следующим выражением:

$$CB = K_p + H_k, \quad (1)$$

где  $CB$  – массовая доля сухих веществ в картофеле, %;  $K_p$  – массовая доля крахмала в картофеле, %;  $H_k$  – массовая доля некрахмалистых компонентов в картофеле, %.

Некрахмалистые сухие вещества в картофеле представлены твердым компонентом — клетчаткой и растворимыми органическими и минеральными веществами со сложным составом. Влага картофеля  $W$  и растворенные в ней сухие вещества  $P_g$  составляют клеточный сок картофеля, при этом массовая доля сухих веществ в клеточном соке, в зависимости от сорта картофеля и условий его выращивания может колебаться в интервале 3,5-6,5 % [3].

Массовая доля сухих веществ клетчатки в картофеле  $K_n$  колеблется в интервале от 0,9 до 1,7 % к массе картофеля. Рекомендовано средним значением считать 1,1 % [3,4].

На основании данных о крахмалистости перерабатываемого картофеля и коэффициента извлечения крахмала на предприятиях концерна «Белгоспищепром», усредненный по основным показателям состав картофеля, переработанного крахмальными заводами в 2006-2016 гг., следующий: влага картофеля ( $W$ )=82,8%, массовая доля крахмала в картофеле ( $K_p$ )= 11%, растворимые некрахмалистые сухие вещества ( $P_g$ )=5,1%, массовая доля клетчатки ( $K_n$ )= 1,1%.

До начала 90-х годов прошлого столетия в Беларуси был освоен выпуск различных картофелепродуктов в широком ассортименте: сухое картофельное пюре в виде хлопьев; сушеный картофель в виде столбиков и кубиков; замороженные гарнирный картофель, биточки, клецки, вареники с картофельной начинкой; чипсы обжаренные из свежего картофеля и формованные; полуфабрикат картофелепродукта «Оригинальный» с использованием свежего картофеля и другие.

В перестроечный период производство картофелепродуктов в республике снизилось и только в последние несколько лет начало опять активизироваться.

В странах западной Европы, северной Америки для каждого вида вырабатываемых картофелепродуктов подбирались и создавались соответствующие сорта картофеля, позволяющие получить продукцию высокого качества при более низком уровне отходаобразования и более высокой эффективности производства. Ситуация с качеством картофеля, сложившаяся в Республике Беларусь, в корне отличается.

Исследования, проводимые на протяжении ряда лет сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» показали, что на промышленные предприятия, перерабатывающие картофель, поступает сырье различных сортов, размеров, формы клубней, с глубиной залегания глазков от поверхностной до глубокой, с большим содержанием клубней, имеющих механические повреждения [5].

Установлено, что в общей массе поступающего на переработку картофеля содержится до 8–10 % практически непригодных клубней (мелкие, гнилые, давленные) и до 30% малопригодных (больные, с механическими повреждениями, поврежденные сельхозвредителями).

Особую тревогу вызывает устоявшаяся в последние годы тенденция к снижению крахмалистости картофеля.

Основные показатели, которые необходимо учитывать при выборе сортов картофеля для промышленной переработки, и в особенности для производства картофелепродуктов, следующие: скороспелость, урожайность, массовая доля сухих веществ в клубнях, товарность клубней, болезнестойкость, форма, окраска, размер клубней, число глазков и глубина их залегания, скорость и степень потемнения мякоти, величина отходаобразования, цвет, запах и вкус пищевого продукта, химический состав и другие.

Большое значение для равномерного обеспечения доброкачественным сырьем предприятий в течение года имеет правильная организация процесса хранения картофеля. На хранение картофель должен поступать чистым, здоровым и неповрежденным. Наличие загниваю-

щихся и поврежденных клубней в общей массе картофеля приводит к большим потерям сырья при хранении [6].

Современный уровень развития промышленности при переработке картофеля предусматривает технологические процессы с полной или частичной механизацией, что приводит к дополнительным затратам сырья и высокому отходообразованию. При переработке сырья низкого качества количество образующихся отходов значительно увеличивается.

В настоящее время в промышленных масштабах в Республике Беларусь из свежего картофеля производят в основном на 3 вида продуктов:

- ♦ сухое картофельное пюре в виде хлопьев;
- ♦ сушеный картофель в виде столбиков (соломки);
- ♦ картофельный крахмал.

Учитывая данное обстоятельство, в настоящей работе представлены результаты анализа ситуации именно по отходам этих производств.

Установлено, что при производстве 1 тонны сухого картофельного пюре в виде хлопьев и при производстве 1 тонны сушеного картофеля количество сырья, переходящего в отходы производства зависит как от вида получаемого продукта питания, так и от методов осуществления технологических процессов. Количество образующихся отходов зависит также от уровня технического оснащения этих процессов и режимов их выполнения.

Наибольшее количество отходов образуется на процессах мойки, инспекции, очистки, доочистки, сушки.

Наряду с вопросами количественного перехода сырья в отходы серьезного внимания заслуживает также вопрос качества отходов, их физическое состояние. Изучение количества и агрегатного состояния отходов производства картофелепродуктов необходимо для того, чтобы реально оценить объемы вторичных сырьевых ресурсов образующихся на картофелеперерабатывающих предприятиях и определить возможность и уровень их дальнейшего использования.

В соответствии с действующими нормами расхода сырья, потерь при производстве сухого картофельного пюре и сушеного картофеля был проведен пооперационный анализ количества и агрегатного состояния отходов, образующихся при выработке названных картофелепродуктов с использованием парового и механического способов очистки картофеля.

Анализ показал:

- ♦ количество отходов и потерь при производстве картофельных хлопьев и сушеного картофеля, в силу отличия производственных технологий, – различны: 40,0% и 33,7% соответственно при производстве хлопьев и сушеного картофеля с использованием парового способа очистки картофеля от кожуры и 42,9% при производстве сушеного картофеля с механическим способом очистки [7, 8];

- ♦ при паровом способе очистки на производстве хлопьев и сушеного картофеля в жидкие отходы переходит около 36% сырья от всего количества картофеля, переходящего в отходы [7];

- ♦ при производстве сушеного картофеля с механической очисткой сырья жидкие отходы по картофелю составляют более 67% от всего количества отходов [8].

Жидкие картофельные отходы, помимо того, что это прямые потери сырья, являются источником загрязнения окружающей среды. Так, с учетом перспективного плана развития, в ОАО «Машпищепрод» на сухое картофельное пюре предполагается перерабатывать около 33 000 т/год свежего картофеля. Годовой объем перешедшего в отходы картофеля при этом составит около 13 000 тонн, из которых в жидкие отходы поступит около 4,7 тыс. тонн.

При освоении проектной мощности производства сушеного картофеля на КПУП «Славгородский пищевик» годовой сброс картофеля в жидкие стоки на предприятии при паровом способе очистки составляет около 600 тонн, при механическом способе очистки – около 1400 тонн.

При выработке картофельного крахмала жидкие отходы составляют до 100 % и более производственных отходов, так как картофельная мезга может выходить из производства в смеси с соковой водой [3].

Если вопросы утилизации твердых отходов (некондиционные клубни, дочистки, отходы на сушилке и др.) на картофелесушильных предприятиях в определенной степени решаются, то вопрос утилизации плотной фракции из жидких отходов долгие годы находится практически на нулевом уровне.

Сложность решения данного вопроса заключается в следующем:

1. Жидкие отходы производства картофелепродуктов в целом имеют низкое содержание сухих веществ, что делает их переработку малоэффективной.

2. Более 25% сухих веществ в жидких отходах составляют растворимые сухие вещества, выделить которые при используемых в настоящее время механических способах разделения суспензий сложно.

3. Общее количество жидких отходов, образующихся на предприятиях по производству картофелепродуктов, велико (в ОАО «Машпищепрод» на производство картофельных хлопьев при суточной переработке картофеля около 140 т объем жидких отходов составляет до 250 м<sup>3</sup>/сутки).

Областью применения картофельных отходов до настоящего времени является в основном сельское хозяйство, где они используются в качестве кормового продукта для животных, а сточные воды – как эффективное азотистое удобрение.

Смесь жидких и твердых отходов, образующаяся в производстве картофелепродуктов, может представлять собой ценный кормовой продукт и, поэтому, на картофелеперерабатывающих предприятиях отходы собираются в отстойники-накопители за пределами производственных цехов, откуда после отстаивания сгущенные отходы должны реализовываться потребителю либо направляться на переработку. Однако в силу малой кормовой ценности из-за большого разбавления они не только не реализуются, но в большинстве случаев не забираются даже бесплатно и направляются, как сточные воды в общественные системы очистки либо на локальные очистные сооружения. В тоже время в странах Европейского Союза сточные воды собираются и используются для полива сельхозугодий. В год допускается использовать для орошения одного гектара земли до 30 м<sup>3</sup> сточных вод в виде клеточного сока образующегося на картофелекрахмальных производствах.

На основании проведенных исследований в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработана технология переработки отходов производства сушеных картофелепродуктов и картофелекрахмального производства на сырые и сухие корма, включающая ниже представленные операции (рис. 1).

РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию» совместно с РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» проведены исследования состава и энергетической ценности полученных образцов мезги картофельной сухой. Результаты представлены в табл. 1–2.

**Таблица 1. Физико-химические показатели исследуемых образцов мезги картофельной сухой**

Наименование испытания (показателя)	Номер нормативного документа	Мезга картофельная сухая
М.д. влаги, %	ГОСТ 13496.3-92	9,01
М.д. сухого вещества, %	расчет	90,99
М.д. протеина, %	ГОСТ 13496.4-93 п.2	4,55
М.д. жира, %	ГОСТ 13496.15-97	0,65
М.д. золы, %	ГОСТ 26226-95 п. 1	3,25
М.д. клетчатки, %	ГОСТ 13496.2-91	10,40
М.д. безазотистых экстрактивных веществ, %	расчет	72,15
М.д. кальция, %	ГОСТ 26570-95	0,073
М.д. фосфора, %	ГОСТ 26657-97	0,145

Исходя из полученных экспериментальных данных физико-химических показателей мезги картофельной сухой (табл. 1), была рассчитана её энергетическая ценность (табл. 2).

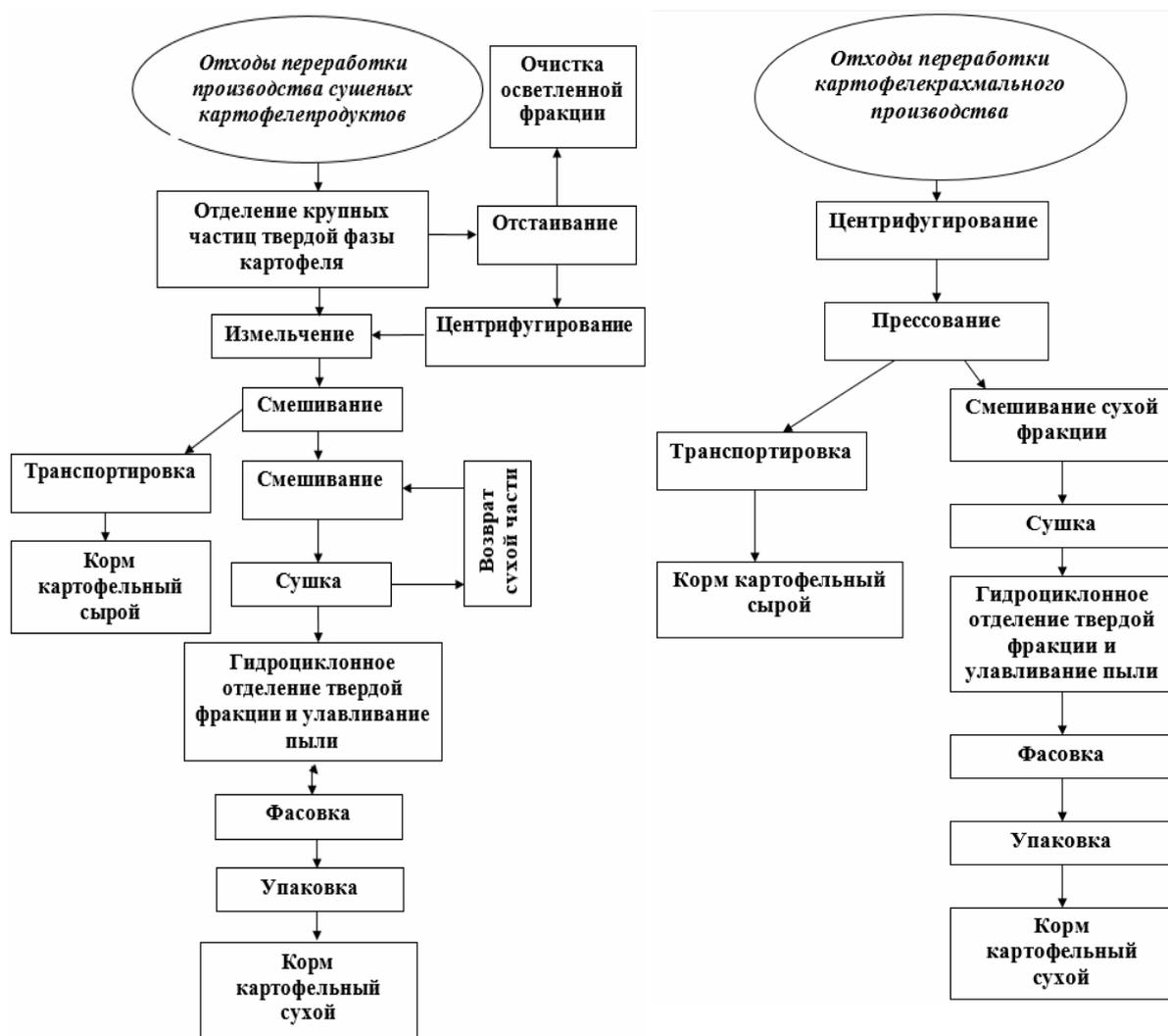


Рис. 1. Технологические схемы по переработке отходов

Таблица 2. Расчет питательности и энергетической ценности 1 кг мезги картофельной сухой

Питательные вещества	Содержится в продукте, г	Коэффициент перевариваемости	Переваренных питательных веществ, г	Коэффициенты жиروتложения	Отложено жира, г	Коэффициенты обмена	Обменной энергии, Дж
Протеин	45,5	64,0	29,12	0,235	6,84	20,85	607,15
Жир	6,5	19,0	1,24	0,598	0,74	36,63	45,24
Клетчатка	104,0	55,0	57,20	0,248	14,19	14,27	816,24
БЭВ*	721,5	91,0	656,57	0,248	162,83	16,95	11128,78
<b>Итого:</b>					184,60		12597,41

\*БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества (крахмал, сахара, инулин, органические кислоты, глюкозиды и др.)

Проведенные расчеты показали, что энергетическая ценность 1 кг мезги картофельной сухой составляет 12,60 МДж или 1,13 корм. ед.

Таким образом, в результате проведенных научных исследований установлено:

- ♦ в картофелеперерабатывающей отрасли Республики Беларусь образуется значительное количество отходов представляющих собой ценное кормовое сырье, количество которых зависит от качества перерабатываемого картофеля и условий его хранения;
- ♦ использование современных технологий концентрации жидких отходов позволяет получать кормовой продукт, представляющий собой ценный источник углеводов и клетчатки;
- ♦ на основании результатов исследований выявлена возможность использования мезги картофельной сухой при производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных.

Развитие направления переработки отходов в Республике Беларусь позволит повысить эффективность использования картофеля, получить дополнительно корма для сельскохозяйственных животных и решить экологическую проблему утилизации отходов крахмалопаточной и картофелеперерабатывающей отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Денищikov, М. Т. Отходы пищевой промышленности и их использование / М. Т. Денищikov. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 162 с.
2. Воротеницкая, С. Л. Комплексное использование сырья и отходов в пищевой промышленности / С. Л. Воротеницкая, Б. И. Суменков, А. Б. Шахов // Консервная промышленность. – 1974. – №10. – С. 5–8.
3. Куликов, А. В. К анализу вопроса отхообразования в крахмальном производстве / А. В. Куликов, М. П. Шабета // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2010. – № 2. – С. 39–44.
4. Трегубов, Н. Н. Технология крахмала / Н.Н. Трегубов, А.А. Милютин. – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 410 с.
5. О картофеле, который мы перерабатываем / М. П. Шабета [и др.] // Картофелеводство. – 2008. – Т. 15. – С. 358.
6. Гусев, С. А. Хранение картофеля / С. А. Гусев, Л. В. Метлицкий. – М.: Колос, 1982. – 223 с.
7. Куликов, А. В. Анализ отхообразования при паровом способе очистки картофеля / А. В. Куликов, М. П. Шабета // Инновационные технологии в пищевой промышленности: тез. докл. IX Междунар. науч.- практ. конф., 8-9 октября 2010 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию». – Минск, 2010. – С. 173–175.
8. Ловкис, З. В. Анализ отхообразования при механическом способе очистки картофеля / З. В. Ловкис, А. В. Куликов // Доклады НАН Беларуси. – 2017. – Том 61, №2. – С.114–120.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 11.07.2017*

**A. V. Kulikou, O. M. Kulikova**

### CHARACTERISTICS OF RAW MATERIAL AND WASTE IN POTATOES OF PROCESSING INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

The composition of potatoes, processed by starch plants for 2006-2016, averaged over the main indicators, was established. The requirements for potatoes necessary for obtaining high-quality products and reducing the amount of waste generated are specified. The amount and aggregate state of waste generated during the processing of potatoes for starch and potato products is established. The technological schemes for the utilization of potato waste, as well as the results of studies of the physicochemical parameters, nutrition and energy value of the potato dry pulp are presented.

Keywords: processing of potatoes, potatoes, mash potato, the production of waste.

*В статье приведены результаты исследований по разработке рецептур зефира на агаре с повышенной пищевой ценностью на основе эффективного использования овощных и фруктовых (ягодных) полуфабрикатов – морковного, черничного пюре и пюре из земляники садовой.*

*Ключевые слова:* зефир, потребительские предпочтения, пищевая ценность, морковное пюре, тыквенное пюре, черничное пюре, пюре из земляники садовой, структурообразование, черствение, рецептура.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ФРУКТОВЫХ И ОВОЩНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕФИРА С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*С. Е. Томашевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции*

**Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь**

*А. О. Школина, магистр товароведения*

Для многих людей кондитерские изделия – часть ежедневного рациона. Однако недостатки продукции данной категории – содержание большого количества углеводсодержащего сырья и высокая энергетическая ценность при несбалансированности ее по микронутриентному составу. Главной задачей кондитерского производства является создание конкурентоспособных отечественных продуктов питания, в т.ч. с использованием отечественного сырья, являющегося источником физиологически ценных нутриентов.

С целью определения перспективных направлений в разработке новых технологий зефира интерес представляло определить предпочтения потребителей при выборе данного продукта в торговой сети. Исследование проводили методом анкетирования. В рамках данной работы был проведен опрос потребителей кондитерских изделий, в котором приняли участие 100 респондентов (85 женщин и 15 мужчин). Что касается потребительской привлекательности зефира в целом, то зефир покупают 96,5 % опрошенных женщин и 80 % опрошенных мужчин. Анкетирование показало, что повышение пищевой ценности зефира актуально для 62 % респондентов. Наибольший интерес у данных лиц вызывает введение в его состав витаминов (88 %), пищевых волокон (61 %), антиоксидантов (48%). При этом для 43 % опрошенных человек способ обогащения зефира не имеет значения, для 8 % потребителей предпочтительным является использование чистых препаратов функциональных добавок, а для 49 % – введение в продукт натуральных сырьевых ингредиентов, являющихся источником биологических активных веществ. В связи с этим респондентам был предложен вопрос о заинтересованности приобретения зефира с конкретными видами натуральных сырьевых ингредиентов, которые могут быть использованы для обогащения зефира. Из общего числа 15% респондентов проявили заинтересованность в зефире с овощными добавками (преимущественно на основе моркови, тыквы и топинамбура), 85% определили как привлекательный для себя вид зефира с добавлением продуктов переработки фруктов и ягод (указаны такие ягоды и фрукты, как голубика, смородина, клюква, малина, банан, айва, клубника (земляника садовая), черника и др.). Приобретая зефир с повышенной пищевой ценностью, 55 % респондентов готовы увеличить сумму покупки на 10 %, 12 % респондентов – до 30 %, 33 % респондентов не готовы увеличивать сумму покупки.

Установлено, что основным фактором, снижающим потребительскую привлекательность зефира, является его склонность к засахариванию (данную претензию к качеству указали почти половина респондентов); кроме того, третья часть респондентов считает зефир слишком сладким.

Таким образом, проведенное анкетирование показало достаточно высокую привлекательность зефира, что подтверждает актуальность запланированных исследований по разработке зефира с профилактическими свойствами. Интерес представляет использование продуктов переработки отечественных фруктов и овощей с целью повышения пищевой ценности продукции.

Мониторинг состояния здоровья детского и взрослого населения Беларуси выявил широкое распространение недостатка потребления в их рационе ряда витаминов: С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, β-каротина; макроэлементов — кальция, калия; макроэлементов — йода, селена, железа, цинка, фтора; пищевых волокон [1]. Высокое содержание данных веществ отмечается в моркови, тыкве, чернике, землянике садовой [2], что обуславливает перспективность введения полуфабрикатов на их основе в рецептуру зефира. В работе применили пюре из ягод черники и земляники садовой (по документам изготовителя — клубники), а также морковное и тыквенное пюре (ОАО «Малоритский консервноовощесушильный комбинат»).

Первым этапом технологического цикла производства зефира является приготовление сбивной массы. При проведении экспериментальных исследований предварительно осуществили концентрирование всех видов пюре до массовой доли сухих веществ  $15,0 \pm 0,1$  % (технологическая операция была совмещена с десульфитацией пюре). Данная стадия необходима для сокращения продолжительности сушки зефира и получения сбивных масс с оптимальными свойствами.

Поскольку показатели качества пюре, в том числе реологические, оказывают существенное влияние на процесс пенообразования, стабильность сбивной массы, интенсивность сушки зефирной массы, на первом этапе определили их динамическую вязкость. Установлено, что динамическая вязкость яблочного (контроль) и тыквенного пюре приблизительно одинаковая и составляет при скорости сдвига  $20 \text{ с}^{-1}$  соответственно  $5,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$  и  $5,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ , вязкость морковного пюре ниже в 1,6 раза ( $3,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ), ягодные пюре (особенно клубничное) обладают значительно меньшей вязкостью (черничное —  $2,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ , клубничное  $0,9 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ), что, вероятно, будет обуславливать большую пенообразующую способность сбивных масс на их основе.

Далее изучили влияние ягодных и овощных пюре на процессы сбивания и показатели качества сбивных масс (сахар, яичный белок, пюре). Эксперимент планировали с помощью программы STATGRAPHICS Plus (тип эксперимента «смесь»). Введение ягодных и овощных пюре осуществлялось как взамен 100 % пюре, так и взамен его определенной части. Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 1.

**Таблица 1. Матрица планирования эксперимента по изучению влияния овощных (либо ягодных) пюре на пенообразующую способность сбивных масс зефира**

№ опыта	Доля пюре, %		
	яблочное	морковное (либо клубничное)	тыквенное (либо черничное)
1	0	0	1
2	0	1	0
3	100	0	0
4	0	50	50
5	50	0	50
6	33,33	33,33	33,33
7	50	50	0

В результате проведения исследований установлено, что пенообразующая способность сбивной массы на яблочном пюре (контроль) составляет 260 %, оптимальная продолжительность сбивания — 3,5 мин. Данная масса характеризуется достаточно высокой объемной концентрацией воздуха (72,2 %), стойкостью (87,5 %) и низким коэффициентом растекания ( $2,0 \text{ см}^2/\text{г}$ ). Полная замена яблочного пюре на морковное приводит к снижению пенообразующей способ-

ности (в 3,25 раза) и стойкости пены (на 20,8 %), что, вероятно, обусловлено особенностями его химического состава (почти в 2 раза меньшим содержанием пектина, который стабилизирует границу раздела фаз). Еще большее отрицательное влияние на пену оказывает тыквенное пюре, замена которым снижает пенообразующую способность в 26 раз. В первую очередь это обусловлено наименьшим содержанием в тыквенном пюре пектина по сравнению с другими исследуемыми видами пюре, а также его структурными особенностями. Характерной особенностью сбивных масс на смеси яблочного пюре с овощными является сниженная пенообразующая способность при существенном увеличении продолжительности сбивания масс, а также снижение коэффициента их растекания.

Изготовление сбивной массы на основе клубничного пюре привело к увеличению ее пенообразующей способности в 1,2 раза, что обусловлено его минимальной вязкостью, и к увеличению стойкости пены на 6,3 %. Незначительное отрицательное влияние оказывает введение в сбивные массы черничного пюре, а именно уменьшение пенообразующей способности (в 1,06 раза), однако стойкость пены при этом увеличивается на 9,1 %, что объясняется, по-видимому, высоким содержанием в черничном пюре пищевых волокон и пектина.

Полученные данные по пенообразующей способности сбивных масс на различных видах пюре обработаны с помощью программы STATGRAPHICS Plus. На рис. 1—2 представлены поверхности диаграммы «состав-свойство», отражающие влияние ягодных и овощных пюре на пенообразующую способность сбивных масс зефира на агаре.

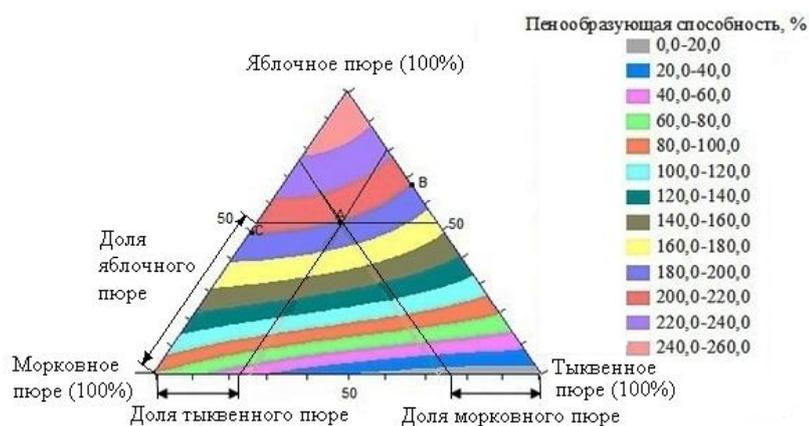


Рис. 1. Диаграмма «состав-свойство», отражающая влияние овощных пюре на пенообразующую способность сбивных масс

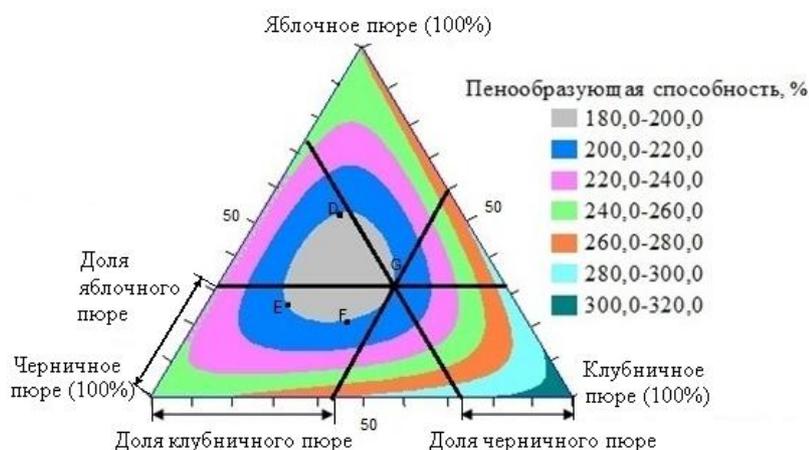


Рис. 2. Диаграмма «состав-свойство», отражающая влияние ягодных пюре на пенообразующую способность сбивных масс

Исходя из отдельных исследований, приемлемой пенообразующей способностью сбивных масс зефира на агаре является значение 200 % [3]. Данная пенообразующая способность достигается при соотношении яблочного, морковного и тыквенного пюре, отмеченных на дуге САВ (рис. 1), где точка А характеризует смесь яблочного (ЯП), тыквенного (ТП) и морковного пюре (МП) в соотношении 53:26:21, точка В — смесь яблочного и тыквенного пюре в соотношении 67:33, точка С — смесь яблочного и морковного в соотношении 50:50. Приемлемая пенообразующая способность сбивных масс в 200 % достигается при соотношении яблочного, черничного (ЧП) и клубничного пюре (КП), отмеченных на окружности DEFG (рис. 2) в соотношении 54:21:25 (точка D), 25:53:22 (точка E), 20:42:38 (точка F), 34:24:42 (точка G) соответственно.

Анализ химического состава зефира, изготовленного при данных соотношениях пюре, представлен в табл. 2.3. В данной таблице указаны степень удовлетворения РНСП в отдельных макро- и микронутриентах при употреблении 100 г зефира (РНСП — рекомендуемая норма физиологической потребности в сутки согласно [4; 5]).

**Таблица 2. Данные по химическому составу зефира на основе овощных пюре**

% соотношение пюре в зефире (ЯП:МП:ТП)	Содержание макро- и микронутриентов в 100 г зефира, % РНСП											
	пищевые волокна	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	вита-мин В <sub>1</sub>	вита-мин В <sub>2</sub>	вита-мин РР	вита-мин С	β-каротин
100:0:0 (контроль)	1,0	-	-	0,9	-	1,0	1,7	-	-	-	-	-
53:26:21 (т. А)	2,3	3,0	3,0	1,7		1,8	4,1	0,4	0,7	0,8	0,9	14,5
67:0:33 (т. В)	1,9	2,2	2,5	1,6		1,7	4,5	0,4	0,7	0,7	0,7	1,3
50:50:0 (т. С)	2,7	3,5	3,5	1,8		1,8	3,7	0,4	0,6	1,0	1,0	26,3

**Таблица 3. Данные по химическому составу зефира на основе ягодных пюре**

% соотношение пюре в зефире (ЯП:ЧП:КП)	Содержание макро- и микронутриентов в 100 г зефира, % РНСП											
	пищевые волокна	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	вита-мин В <sub>1</sub>	вита-мин В <sub>2</sub>	вита-мин РР	вита-мин С	антоцианы
100:0:0 (контроль)	1,0	-	-	0,9	-	1,0	1,7	-	-	-	-	-
54:21:25 (т. D)	3,2	1,1	2,5	1,3	1,6	1,5	5,7	0,3	2,6	0,9	8,1	60,2
25:53:22 (т. E)	3,9	1,1	1,9	1,3	1,5	1,3	8,3	0,3	2,6	0,8	8,1	137
20:42:38 (т. F)	3,9	1,1	2,5	1,3	1,7	1,5	5,5	0,4	2,6	0,9	12,9	116
34:24:42 (т. G)	3,6	1,1	2,5	1,3	1,7	1,5	5,5	0,4	2,6	0,9	12,9	73,6

Установлено, что пищевая ценность зефира, изготовленного исключительно на смеси яблочного с морковным пюре, существенно не уступает пищевой ценности зефира на смеси яблочного, морковного и тыквенного пюре. В связи с этим для дальнейших исследований принят зефир с соотношением яблочного и морковного пюре, равным 50:50 (точка С).

В результате анализа химического состава зефира на основе ягодных пюре оптимальным соотношением была выбрана точка G (34% яблочного, 24 % черничного и 42 % клубничного пюре), поскольку зефир, изготовленный по данной рецептуре, содержит значительное количество антоцианов, железа и пищевых волокон и при этом включает наименьшее количество дорогостоящего черничного пюре из всех проанализированных вариантов.

На следующем этапе проведена оптимизация рецептур сбивных масс на смесях различных видов пюре в принятых соотношениях в части определения дозировки белка, обеспечивающей получение массы с пенообразующей способностью, близкой к контролю (260 %). Установлено, что для достижения оптимальной величины пенообразующей способности необходимо увеличить дозировку белка в смеси на яблочном и морковном пюре на 30 %, а в смеси на основе яблочного, клубничного и черничного пюре — на 10 %.

Следующим этапом производства зефира является изготовление зефирной массы, отсадка половинок зефира на деревянные лотки и их структурообразование в условиях цеха в течение 3—4 часов. Изучена динамика пластической прочности зефира в течение 4 ч выстойки образцов при температуре 20 °С. Установлено, что наибольшая пластическая прочность (8,1±0,2 Па) до-

стигается через 4 часа выстойки у контрольного образца зефира. По истечении аналогичного времени зефир с добавлением ягодных и овощных полуфабрикатов имеет величину пластической прочности, меньшую в 1,2 и 2,2 раза соответственно по сравнению с контрольным образцом (рис. 3а). Данные значения не достаточны для обеспечения требуемой консистенции зефира и устойчивости его к коалесценции, поэтому на следующем этапе исследования провели оптимизацию рецептуры зефира с целью определения дозировки агара, обеспечивающей получение зефира на основе овощных и ягодных пюре с реологическими характеристиками, приближенными к контролю (на яблочном пюре). По результатам исследований установлена необходимость увеличения дозировки агара в рецептуре зефира на ягодных пюре на 10 %, на овощном пюре — на 30 % (рис. 3б).

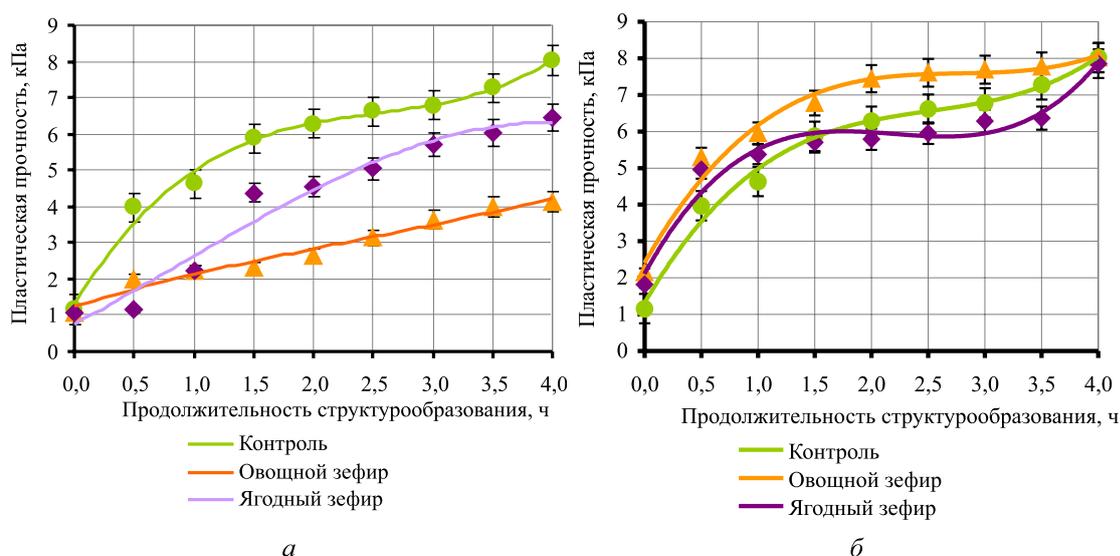


Рис. 3. Динамика пластической прочности зефира с овощным и ягодным пюре в процессе структурообразования: а – традиционная дозировка агара; б – увеличенная дозировка агара

Увеличение дозировки агара в зефире на овощном и ягодном пюре обеспечило получение зефира с реологическими характеристиками, близкими к контролю. Вместе с тем большая дозировка агара в опытных образцах привела к повышению вязкости зефирной массы, что обусловило необходимость дополнительного увеличения содержания яичного белка в рецептуре с целью обеспечения процесса сбивной массы и получения зефира с требуемой плотностью. В результате общее количество пенообразователя в зефире с овощным и ягодным пюре увеличено в 2,0 и 1,5 раза соответственно по сравнению с контрольной рецептурой на яблочном пюре.

Заключительным этапом в технологическом цикле пастильного производства является сушка половинок зефира. Поскольку в состав овощных и ягодных пюре входят влагоудерживающие коллоиды, интерес представляет изучение влияния овощных и ягодных пюре на кинетику сушки зефира. Сушку осуществляли в термостате с принудительной циркуляцией воздуха при температуре 40 °С и относительной влажности воздуха 50 %. Начальная влажность зефира составляла 28,6—30,5 %, содержание влаги в зефире после сушки должно составлять 22,0—18,0 %. Динамика массовой доли влаги зефира в процессе его сушки приведена на рис. 4.

Полученные кривые сушки имеют два периода: постоянной и падающей скорости сушки (соответственно I и II период, рис. 4). В I периоде сушки удаляется свободная влага, во II периоде — физико-химически связанная влага [6]. Анализ кривых сушки зефира показал, что продолжительность I периода сушки, в котором удаляется основное количество влаги, составляет в контрольном образце 2,0 ч (точка К1, скорость сушки — 2,92%/ч), в образцах с добавлением ягодного и овощного пюре — 1,5 ч (точки К2 и К3, скорость сушки 3,5 и 3,6 %/ч).

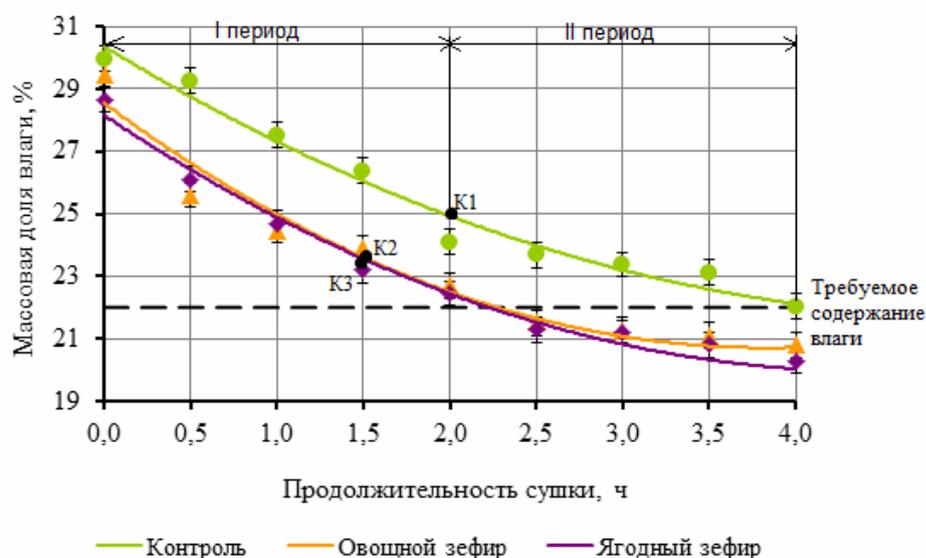


Рис. 4. Кривые сушки зефира на основе ягодного и овощного пюре

Установлено, что общая продолжительность сушки контрольного образца зефира до содержания влаги 22,0 % составляет около 4,0 ч. Продолжительность сушки зефира с добавлением ягодного и овощного пюре до требуемой влажности сокращается по сравнению с контрольным значением в 1,6 раза, что является его важным технологическим преимуществом. По всей видимости, это обусловлено меньшим исходным содержанием в данных образцах свободной влаги, удаление которой и является основной целью сушки для обеспечения микробиологической стабильности изделий.

После сушки осуществляется окончательное формование зефира путем склеивания двух его половинок с последующей обсыпкой сахарной пудрой.

Установлено, что адгезионная прочность контрольного образца зефира составляет 7,8 Па. Введение овощного и ягодного пюре обеспечило снижение адгезионной прочности зефира до 6,7 Па и 6,3 Па соответственно, что, по-видимому, обусловлено изменением объемных упругоэластических свойств зефирных масс на их основе по сравнению с контролем. Меньшая адгезионная прочность опытных образцов зефира позволит существенно снизить технологические потери сухих веществ зефира на стадии его формирования в результате снижения налипания зефира на лотки.

Анализ химического состава зефира на основе клубнично-черничного и морковного пюре показал, что в данных образцах содержится в 3,6–6,6 раза больше натрия, в 1,3–2,6 раза — калия, в 1,4–2,3 раза — кальция, в 1,2–1,8 раза — магния; содержание железа в овощном зефире не изменилось по сравнению с контрольным образцом, а в ягодном зефире увеличилось в 3 раза.

Содержание пищевых волокон в 100 г зефира на основе ягодного пюре составляет 2,29 г или 11,4 % от рекомендуемой нормы их суточного потребления, на основе овощного — 1,23 г или 6,1% РНСП. Содержание антоцианов составляет 79 % от РНСП в ягодном зефире, содержание β-каротина — 27 % от РНСП в овощном зефире. В ягодном зефире отмечается также значительное увеличение содержания витамина С — в 5,5 раза по сравнению с контрольным образцом).

Полученные данные подтверждают, что введение в рецептуру зефира ягодного пюре (из ягод черники и земляники садовой) и овощного пюре (из моркови) позволило значительно увеличить содержание отдельных нутриентов в кондитерском изделии. Розничная цена зефира на основе ягодного пюре превышает цену контрольного образца на 20 %, на основе овощного пюре — на 7 %. Несмотря на увеличение стоимости, данный продукт найдет своего потребителя на рынке: главным критерием выбора будет являться повышенная пищевая ценность зефира и его органолептические характеристики.

Таким образом, в результате проведенных исследований:

- ♦ изучены предпочтения потребителей при выборе зефира; установлена целесообразность повышения его пищевой ценности, в первую очередь за счет введения фруктового и овощного сырья; показана перспективность использования в кондитерской промышленности пюре из ягод черники и земляники садовой (клубники) и овощей (моркови и тыквы) с целью введения в состав продукции пищевых волокон, железа, β-каротина, витамина С, антоциановых веществ;
- ♦ изучено влияние ягодных и овощных пюре на процессы пенообразования сбивных масс зефира на агаре. Установлено, что морковное и тыквенное пюре существенно снижают пенообразующую способность сбивных масс, черничное пюре – снижает незначительно, клубничное пюре – увеличивает. Определены комбинации пюре, обеспечивающие удовлетворительную пенообразующую способность сбивных масс (200 %) и повышенную пищевую ценность зефира: смесь яблочного и морковного пюре в соотношении 50:50, смесь яблочного, черничного и клубничного пюре в соотношении 34:24:42. Установлена необходимость увеличения дозировки яичного белка в системах с морковным и чернично-клубничным пюре на 30% и 10% соответственно для достижения пенообразующей способности масс, близкой к контролю (260%);
- ♦ изучены процессы желирования зефирных масс на основе ягодных и овощных пюре. Через 4 часа выстойки пластическая прочность зефирных масс с добавлениями ниже в 1,2-2,2 раза, чем у контроля, что обусловило необходимость увеличения дозировки агара в рецептуре зефира на 10-30 % с целью получения готового зефира с требуемыми реологическими характеристиками;
- ♦ установлено, что продолжительность сушки зефира с добавлением ягодного и овощного пюре сокращается по сравнению с контролем в 1,6 раза;
- ♦ разработана технология производства зефира, обогащенного морковным и смесью черничного и клубничного пюре. Готовый продукт характеризуется повышенным содержанием пищевых волокон, макро- и микронутриентов, антоцианов, а также улучшенными потребительскими свойствами. Стоимость обогащенного зефира выше по сравнению с традиционным аналогом на 7-20%.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. *Шатнюк, Л. Н.* О тенденциях в области здорового питания / Л.Н. Шатнюк, О.В. Антипова // Кондитерское производство. – 2013. – № 3. – С. 22–23.
2. *Томашевич, С. Е.* Отечественное ягодное и овощное сырье как перспективный ингредиент для повышения пищевой ценности зефира / С.Е. Томашевич, А.О. Школина // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XX Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГрГАУ, 26 мая 2017 г. – С. 136-138.
3. *Кондратова, И. И.* Оптимизация технологических режимов изготовления сбивных кондитерских масс / И.И. Кондратова, С.Е. Томашевич // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2010. – №1(7). – С. 38-45.
4. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: Гигиенический норматив, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 г. № 52. – 371 с.
5. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: Санитарные нормы и правила, утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 № 180. – 20 с.
6. *Зубченко, А. В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: учебник / А.В. Зубченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж: ВГТА, 2001. – 389 с.
7. Изделия кондитерские пастильные. Общие технические требования: СТБ 2361-2014. – Введ. 22.04.2014. – Минск: БелГИСС, 2014. – 16 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.06.2017*

S. E. Tamashevich, A. O. Shkolina

### **PERSPECTIVES OF USE OF DOMESTIC FRUIT AND VEGETABLE HALF-FINISHED PRODUCTS IN TECHNOLOGY OF THE ZEPHYR WITH INCREASED FOOD VALUE**

In the article cited dates about elaboration of technology and recipes of zephyr on the basis of agar with increased food value due to effective usage of vegetable and fruit (berry) raw materials — puree from carrot, pumpkin, strawberry and blueberries.

Keywords: zephyr, consumer preferences, food values, carrot puree, pumpkin puree, blueberries puree, strawberry puree, structural formation, staling, recipe.

УДК 663.52

*Статья посвящена новому перспективному направлению развития спиртовой отрасли Республики Беларусь: производству этилового спирта из нетрадиционного растительного сырья — топинамбура. Описано влияние дозировки ферментного препарата инулиназы на динамику процесса сбраживания сусла и на выход биоэтанола из клубней топинамбура.*

*Ключевые слова: топинамбур, инулиназа, биосинтез этанола, сбраживание сусла, дозировка ферментного препарата, накопление биомассы.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНУЛИНАЗЫ В ТЕХНОЛОГИИ БИОСИНТЕЗА ЭТАНОЛА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*Ю. С. Пузовская, аспирант отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*Е. М. Моргунова, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству пищевых продуктов;*

*А. А. Пушкарь, кандидат технических наук, и.о. начальника отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции*

Производство топливного биоэтанола в Республике Беларусь является перспективным инновационным направлением, способствующим улучшению экологической обстановки крупных городов, сохранению природных ресурсов за счет переработки возобновляемого растительного сырья. Особый научный интерес вызывают возможности переработки на биоэтанол нетрадиционных видов сырья, таких как: сорго, топинамбур, свекла и др. [1].

К наиболее перспективным культурам с позиции спиртового производства, представляющим большой практический интерес, относится топинамбур. Топинамбур — инулинсодержащее сырье, являющееся, по мнению специалистов, одним из самых дешевых видов для спиртовой отрасли [2]. Он не нуждается в обработке пестицидами, т.к. устойчив ко многим болезням и вредителям, вследствие чего дает полноценную экологически безопасную пищевую и кормовую продукцию.

Топинамбур привлекает внимание исследователей не только своей продуктивностью, но и уникальным химическим составом [3]. Широкий интерес, возникший к производству этилового спирта из топинамбура, объясняется его химическим составом, т.к. клубни топинамбура являются хорошим источником сбраживаемых сахаров.

Определяющими для химического состава клубней топинамбура являются множество факторов: почвенно-климатические условия, технология возделывания, условия выращивания,

сорт топинамбура и т.п. В зависимости от вышеперечисленных факторов выход этилового спирта может варьировать в различном диапазоне.

В научных публикациях ряда исследователей показана целесообразность использования топинамбура для производства этанола. Количество спирта, получаемое из данного нетрадиционного для отрасли вида сырья, в 1,5-3,7 раза выше, чем при переработке картофеля и пшеницы в пересчете на 1 га. Выход спирта из клубней топинамбура находится в пределах 8-9 дал/т [4].

Клубни топинамбура содержат около 25 % сухих веществ, основную массу которых составляют углеводы. Преимущественно это фруктозаны, т.е. полимеры фруктозы. Среди них наиболее ценится инулин – резервный полисахарид топинамбура. Содержание инулина в клубнях достигает 80 % сухих веществ. Также важными с технологической точки зрения являются показатели содержания общего пектина, протопектина, клетчатки, которые существенно меняются в зависимости от сорта [5].

В работах, посвященных характеристике сортов топинамбура, установлена зависимость накопления инулина в клубнях от сроков уборки, хранения, метеорологических условий года и специфических свойств сорта [6]. Определено, что образцы раннеспелых сортов содержат на 5-10 % больше низкомолекулярных сахаров, чем клубни средне- и позднеспелых сортов. После трех месяцев хранения масса снижается примерно на 9 %. Дальнейшее хранение сопровождается увеличением количества загнивших клубней (до 37,3 %) и возрастанием потерь. Хранение топинамбура весеннего урожая при низких температурах и модифицированной газовой среде улучшает качественный состав углеводного комплекса [7, 8].

Важным технологическим аспектом, определяющим эффективность и рентабельность процесса производства спирта, является установление оптимальных технологических параметров проведения процесса водно-тепловой обработки сырья и сбраживания. При этом базовыми технологическими факторами являются как гидромодуль (сырья и воды), активная кислотность технологической среды, так и температура, время водно-тепловой и ферментативной обработки инулинсодержащего сырья, количество вносимых дрожжей, время сбраживания, применяемые ферментные препараты на стадии брожения, гидролизующие инулин.

Целью проведенной нами работы являлось проведение исследований по влиянию внесения ферментного препарата инулиназы на динамику процесса сбраживания суслу из клубней топинамбура.

На первом этапе исследований готовили кашку из клубней топинамбура по следующим режимам водно-тепловой и ферментативной обработки: продолжительность процесса 2,5-3,0 часа при температуре 55 °С и рН = 5,5-5,6 ед. (рН кашки корректировалась путем внесения серной кислоты); гидромодуль сырья и технологической воды 1:1,25. Перед внесением технологической воды клубни топинамбура измельчали до размера частиц не более 3 мм. Содержание сухих веществ в сусле достигало 11,5 %. Выше обозначенные режимы были установлены и выбраны как наиболее оптимальные по результатам проведенных исследований по заданию 2.11 «Разработать технологию и технологическое оборудование безотходной переработки клубней топинамбура на оксигенаты (биоэтанол, бутанол) и сухие корма», выполненных в рамках программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура».

Затем готовили пять образцов с различными дозировками внесения инулиназы. В качестве источника инулиназы применяли ферментный препарат Новозим 960 (Novozym 960). Активность данного фермента была установлена ранее при проведении научно-исследовательских работ по гранту НАН Беларуси «Исследование влияния разнообразного видового состава клубней топинамбура и приемов их обработки на выход этилового спирта» и составила  $1325 \pm 25$  ед./см<sup>3</sup>. Полученное дрожжевое сусло охлаждали и засеивали спиртовыми сухими дрожжами Оеноферм С2 из расчета их начального содержания в сусле 15 млн. кл./см<sup>3</sup>, после чего образцы сбраживали при температуре 30-35 °С. Дозировку инулиназы варьировали от 0 до 0,3 л/т СВ топинамбура (от 0 до 0,40 ед./г СВ топинамбура). В качестве контроля использовали образец клубней топинамбура без внесения данного ферментного препарата.

Для анализа протекания процесса брожения суслу из топинамбура с внесением различной дозировки инулиназы исследовали динамику выделения диоксида углерода (рис. 1).

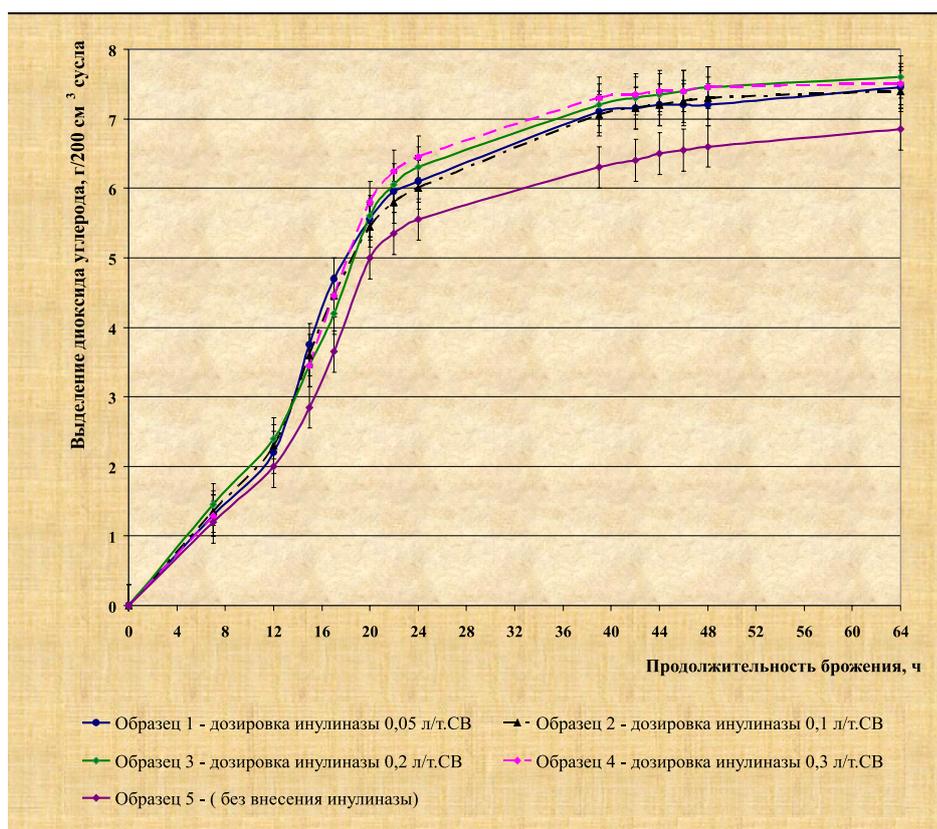


Рис. 1. Динамика выделения диоксида углерода в процессе брожения суслу в зависимости от дозировки инулиназы

Из данных, представленных на рис. 1, следует, что введение инулиназы обеспечивает интенсификацию процесса брожения. Наибольшее количество выделившегося диоксида углерода отмечено при дозировке инулиназы в количестве 0,1-0,3 л/т СВ топинамбура (0,13-0,40 ед./г СВ топинамбура), причем разница в значениях незначительна. Процесс брожения в образцах с инулиназой к 40-48 часам ферментации переходил в стационарную фазу и практически завершался. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что применение инулиназы положительно влияет на динамику процесса сбраживания суслу из клубней топинамбура.

Дополнительно в процессе сбраживания суслу из клубней топинамбура оценивали уровень накопления биомассы дрожжевых клеток во время главного брожения на 24 и 36 часов (рис. 2). Прирост биомассы контролировали с помощью камеры Горяева.

Из данных, представленных на рис. 2, следует, что опытные образцы (3 и 4), с дозировкой инулиназы 0,2 и 0,3 л/т СВ топинамбура (0,27 и 0,40 ед./г СВ топинамбура, соответственно), отличаются наибольшим увеличением дрожжевой биомассы. Так, через 24 часа брожения количество дрожжевых клеток по сравнению с контрольным образцом (без инулиназы) увеличилось на 16-25 %. При этом увеличение дозировки ферментного препарата инулиназы с 0,2 до 0,3 л/т СВ топинамбура несколько подавляет развитие дрожжевых клеток. Аналогичные закономерности отмечены и через 36 часа брожения, при этом наилучший результат роста дрожжей зафиксирован в образце 3 (дозировка инулиназы 0,2 л/т СВ топинамбура или 0,27 ед./г СВ топинамбура). Уровень накопления дрожжевой биомассы в данном образце составил 131 млн. кл./см³.

Также на данном этапе работ контролировались физико-химические показатели бражки из топинамбура при внесении различной дозировки инулиназы, которые приведены в табл. 1.

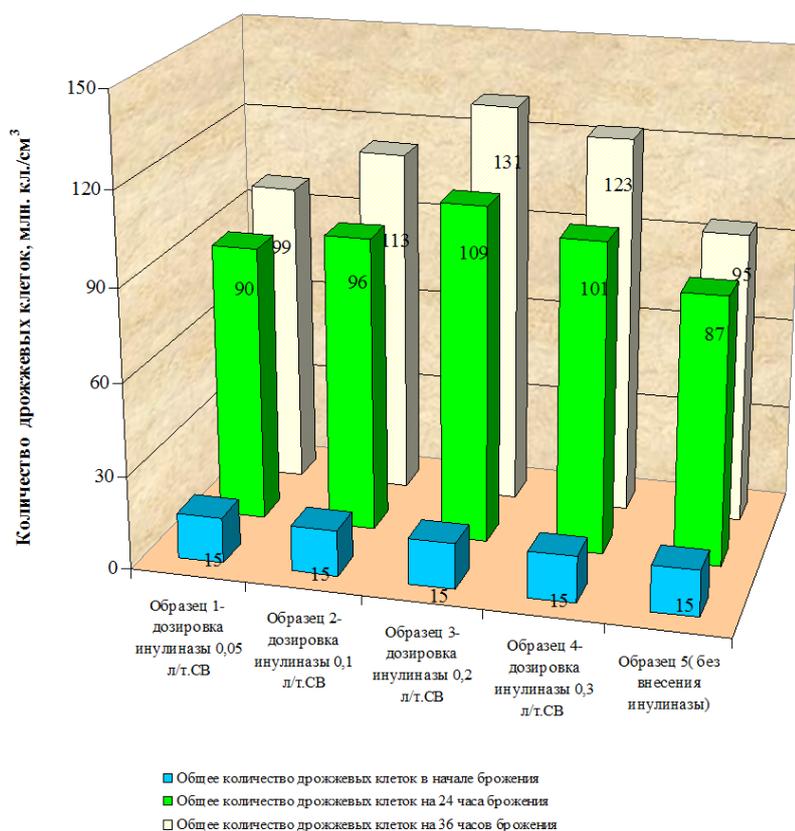


Рис. 2. Уровень накопления дрожжевых клеток на 24 и 36 часов брожения суслу из клубней топинамбура

Таблица 1. Физико-химические показатели бражки из топинамбура при внесении инулиназы с различной дозировкой

Наименование образца	Продолжительность брожения, ч										Несброженные углеводы на 64 ч, г/100 см³		
	16		20		24		40		48			64	
	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.		pH	спирт, % об.
Образец 1 - дозировка инулиназы 0,05 л/т СВ	4,77	3,7	4,46	4,2	4,37	4,5	4,35	5,2	4,20	5,3	4,26	5,3	0,31
Образец 2 - дозировка инулиназы 0,1 л/т СВ	4,62	3,7	4,34	4,5	4,37	4,6	4,34	5,4	4,24	5,4	4,24	5,5	0,24
Образец 3 - дозировка инулиназы 0,2 л/т СВ	4,83	3,7	4,42	4,6	4,32	4,7	4,34	5,5	4,27	5,5	4,50	5,6	0,10
Образец 4 - дозировка инулиназы 0,3 л/т СВ	4,68	3,8	4,58	4,3	4,35	4,40	4,22	5,3	4,12	5,3	4,30	5,6	0,11
Образец 5 – (без инулиназы)	4,60	3,86	4,50	4,3	4,51	4,4	4,49	5,0	4,45	5,2	4,1	5,2	0,35

Контроль физико-химических показателей зрелой бражки из клубней топинамбура при внесении различной дозировки инулиназы, исходя их данных представленных табл. 1, позволяет сделать вывод о том, что наибольшее накопление этилового спирта (5,5-5,6 % об.) в процессе брожения достигнуто при дозировке инулиназы в количестве 0,1-0,3 л/т СВ топинамбура (0,13-0,40 ед./г СВ топинамбура) в образцах 2, 3, 4. Содержание несброженных углеводов коррелировало с концентрацией этилового спирта и достигало минимальных значений 0,10-0,24 г/100 см<sup>3</sup> в образцах 2, 3, 4.

Таким образом, в ходе проведенных исследований изучен один из основных факторов, влияющих на динамику процесса сбраживания суслу и соответственно на выход биоэтанола из клубней топинамбура – дозировка ферментного препарата инулиназы. Обобщая данные по накоплению биомассы во время брожения и динамике выделения диоксида углерода, а также данные технологических показателей зрелой бражки, можно констатировать, что доза фермента инулиназы достаточна в пределах 0,1-0,2 л/т СВ топинамбура (0,13-0,27 ед./г СВ топинамбура). Увеличение дозировки до 0,3 л/т СВ топинамбура (0,40 ед./г СВ топинамбура) не приводит к существенному изменению глубины выбраживания инулинсодержащего суслу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Поляков, В. А.* Биотехнологические аспекты переработки растительного сырья на топливный биоэтанол / В. А. Поляков Л.В. Римарева // Теоретические и практические основы совершенствования технологии спирта: сб. науч. трудов / ВНИИПБТ, редкол.: В. А. Поляков, Л. В. Римарева. – М.: ВНИИПБТ, 2008. – С. 244-249.
2. *Зеленков В. Н.* Многоликий топинамбур в прошлом и настоящем / В.Н. Зеленков, С.С. Шаин. – Новосибирск, 2000. – 241с.
3. *Шаин С. С.* Топинамбур: новый путь к здоровью и красоте. – М.: Фитон+, 2000. – 128 с.
4. *Зимин В. С.* Экономическая эффективность механизации возделывания и переработки топинамбура: Автореф. дис. канд. экон. наук. – М., 1997. – 19 с.
5. *Кохана, Б. М.* Биохимия топинамбура / Б.М. Кохана, Б.В. Арасимович. – Кишинев, 1974. – 88 с.
6. *Багаутдинова, Р. И.* Продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура / Р. И. Багаутдинова, Г. П. Федосеева // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – №1. – С. 55–63.
7. *Федорченко, Л. А.* Метод определения фракционного состава углеводного комплекса инулинсодержащего сырья / Л.А. Федорченко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №12. – С. 24–26.
8. *Голубев, В. Н.* Топинамбур, состав, свойства, способы переработки, области применения / В. Н. Голубев, Н. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – М., 1995. – 82 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.06.2017*

**J. S. Pusovskaya, E. M. Morgunova, A. A. Pushkar**

### PROSPECTS OF APPLICATION OF INULINASE IN THE TECHNOLOGY OF BIOSYNTHESIS OF ETHANOL IN THE PROCESSING OF TOPINAMBUR TUBERS

This article is sanctified to the perspective method of development of a spirit industry of Republic of Belarus: application in the biosynthesis of ethyl spirit of unconventional digister – topinambour. The dosage of enzyme preparation inulinase affects the dynamics of the process of fermentation and the yield of bioethanol from topinambur tubers, respectively.

Keywords: topinambur, inulinase, ethanol biosynthesis, fermentation of wort, dosage of enzyme preparation, accumulation of biomass.

*В статье приведены результаты исследований по изучению и подбору ферментных препаратов, обеспечивающих максимальную деструкцию биополимеров дрожжевой клетки.*

*Ключевые слова: избыточные пивные дрожжи, дрожжевая клетка, ферменты, гидролиз биополимеров, деструкция, утилизация пивных дрожжей.*

## **НАПРАВЛЕННЫЙ ГИДРОЛИЗ БИОПОЛИМЕРОВ ДРОЖЖЕВОЙ КЛЕТКИ С ЦЕЛЬЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ИЗБЫТОЧНЫХ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*Е. М. Моргунова, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству продуктов питания, кандидат технических наук, доцент;*

*В. В. Соловьев, главный специалист группы по винодельческой и пивобезалкогольной отраслям отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции*

Агропромышленный комплекс Республики Беларусь ежегодно перерабатывает более 10 млн. тонн сельскохозяйственного сырья. Для повышения его эффективности необходимо создание инновационных ресурсосберегающих технологий, способных решить как экономические, так и экологические проблемы перерабатывающих отраслей, повысить конкурентоспособность национальных производителей.

Пивоваренная промышленность относится к наиболее материалоемким отраслям народного хозяйства. Степень использования сырья для получения готового продукта (пива) составляет 75 %, остальные 25 % – вторичные продукты. Оставшиеся от использования в основном производстве, они могут повторно применяться как в самом пивоварении, так и в других отраслях пищевой промышленности. Основными из вторичных продуктов являются пивная дробина и избыточные пивные дрожжи, имеющие высокое содержание белка, углеводов, витаминов, пищевых волокон, аминокислот, минеральных веществ. Так как в настоящее время отходы на пивоваренных предприятиях республики утилизируются нерационально, существующие способы их использования требуют определенных путей совершенствования [1].

Так как в процессе брожения пива происходит наращивание биомассы дрожжей, то одной из проблем пивоваренного производства является проблема утилизации избыточных пивных дрожжей. При производстве каждого гектолитра пива образуется от 1,5 до 1,8 кг избыточных пивных дрожжей, которые являются активными потребителями кислорода – значение ХПК для них очень высокое и составляет около 5,3 г/л, что делает недопустимым с экологической точки зрения их сброс в сточные воды без специальной обработки [2].

Жидкие пивные дрожжи представляют собой нестойкий продукт. Автолиз пивных дрожжей при комнатной температуре происходит через несколько часов. В результате автолиза получается желтовато-коричневая тестообразная масса с горьким привкусом хмеля и запахом пива [1]. Основной проблемой при использовании избыточных пивных дрожжей на кормовые цели являются самопроизвольно происходящие процессы автолиза дрожжевой клетки, в связи с чем дрожжи становятся непригодными для дальнейшего использования.

Разработка рационального способа утилизации избыточных пивных дрожжей путем направленного гидролиза биополимеров дрожжевой клетки является актуальным направлением научных исследований. Одной из задач, стоявших перед исследователями, было изучение химического состава дрожжевой клетки.

Дрожжевая клетка состоит в среднем на 75 % из воды и 25 % сухих веществ. Состав сухих веществ дрожжевой клетки меняется в определенных пределах, а именно:

белковые вещества	от 40 до 60 %;
углеводы	от 25 до 35 %;
жиры (липиды)	от 4 до 7 %;
минеральные вещества	от 6 до 9 %.
Минеральные вещества (на 100 г сухих веществ, в среднем) состоят из:	
фосфатов	2000 мг;
калия	2400 мг;
натрия	200 мг;
кальция	20 мг;
магния	2 мг;
цинка и следов железа, марганца и меди	7 мг.

Помимо вышеперечисленных веществ, дрожжи содержат ряд витаминов, среди которых (данные на 100 г сухих веществ дрожжевой клетки):

тиамин (В <sub>1</sub> )	от 8 до 15 мг;
рибофлавин (В <sub>2</sub> )	от 2 до 8 мг;
никотиновая кислота (РР)	от 30 до 100 мг;
фолиевая кислота (В <sub>9</sub> )	от 2 до 10 мг;
пантотеновая кислота (В <sub>3</sub> )	от 2 до 20 мг;
пиридоксин (В <sub>6</sub> )	от 3 до 10 мг;
биотин (В <sub>7</sub> )	от 0,1 до 1 мг.

Вышеуказанный состав клетки пивных дрожжей является усредненным и в зависимости от генерации дрожжей меняется незначительно [3]. При этом наличие в составе дрожжей витаминов, минеральных и белковых веществ делает их очень полезным продуктом с точки зрения не только кормовой, но и пищевой ценности.

Для максимального сохранения и высвобождения ценных компонентов, содержащихся в избыточных пивных дрожжах, необходимо провести контролируруемую деструкцию биополимеров дрожжевой клетки. Деструкция дрожжевой клетки в результате автолиза – это длительный и неэффективный процесс. С целью интенсификации и оптимизации процесса деструкции биополимеров дрожжевой клетки было принято решение использовать ферментные препараты широкого спектра действия.

В рамках выбранного направления были проведены исследования ферментных препаратов широкого спектра действия с последующим их применением для глубокой деструкции биополимеров дрожжевой клетки.

С целью выявления зависимости функциональных свойств получаемых препаратов от структурно-фракционного состава полимеров клеточной стенки на первом этапе работы изучали специфичность действия ферментных комплексов непосредственно на структурные полимеры клеточной стенки.

Аналитический обзор научных публикаций по данной проблеме и результаты предварительных исследований показали целесообразность использования ферментных препаратов как индивидуально, так и в составе ферментных комплексов.

В качестве объекта исследования использовали избыточные пивные дрожжи *Saccharomyces carlsbergensis*, применяемые в процессе производства пива на пивоваренных заводах Республики Беларусь. Для проведения работ по изучению процесса гидролиза биополимеров дрожжевой клетки было принято решение использовать ферментные препараты индивидуально и в составе ферментных комплексов:

- ♦ Маннаназа, использование которой позволит получить продукт с преобладающим содержанием глюкоана и полимерной формы белковых веществ;
- ♦ Глюканаза, использование которой позволит получить продукт с преобладающим содержанием маннана и полимерных белковых веществ;
- ♦ Комплекс маннаназа+глюканаза, использование которого позволит получить продукт с преобладающим содержанием полимерных белковых веществ и различных фракций деструктурированных глюкоана и маннана;

♦ Комплекс маннаназа+протеаза, использование которого позволит получить продукт с преобладающим содержанием глюкана и различных фракций деструктурированных маннана и белковых веществ;

♦ Комплекс маннаназа+глюканаза+протеаза, использование которого позволит получить продукт различных фракций деструктурированных маннана, глюкана, белковых веществ;

♦ Комплекс маннаназа+глюканаза+протеаза+амилаза, использование которого позволит получить продукт различных фракций деструктурированных маннана, глюкана, белковых веществ, углеводов.

Степень воздействия выбранных ферментных систем изучали по накоплению продуктов гидролиза соответствующих полимеров дрожжевой биомассы: общих экстрактивных веществ, редуцирующих сахаров, белковых веществ. В качестве контрольных рассматривали аналогичные показатели дрожжевой суспензии, подвергнутой высокотемпературной обработке для инактивации собственных ферментов.

Наилучшие результаты (13,5 % рефрактометрически) по выходу растворимых сухих веществ (далее – РСВ) получены путем комбинированного действия ферментативной системы на белково-полисахаридные полимеры клеточной стенки. Использование ферментных препаратов индивидуально привело к накоплению РСВ не более чем в 1,6 раза по сравнению с контролем. Изучение деструктивных изменений полисахаридов клеточной стенки дрожжей после действия индивидуальных препаратов показало, что наиболее глубоким изменениям подвергаются полимеры маннановой природы, чем глюканы. Это подтверждается и результатами воздействия ферментных комплексов, в составе которых присутствует маннанолитический фермент. Наибольшая концентрация редуцирующих сахаров выявлена в образце, полученном в результате применения комплекса маннаназа+глюканаза+протеаза+амилаза. Выход белковых веществ клеточной стенки дрожжей в результате гидролиза маннано-протеиновых комплексов под действием маннанолитического фермента увеличивался в 1,15 раз, а в результате действия глюканолитического ферментного препарата в 1,8 раз, по сравнению с контрольным образцом. При этом в наибольшей степени извлечение белковых веществ из клеточных стенок дрожжей выявлено в результате использования полного комплекса ферментов и составило в 3,6 – 4,5 раз больше, чем в контрольном образце.

В результате проведенной работы по исследованию и подбору ферментных препаратов, позволяющих проводить глубокую деструкцию биополимеров дрожжевой клетки, для проведения дальнейших исследования был выбран ферментный комплекс маннаназа+глюканаза+протеаза+амилаза, показавший лучший результат по накоплению РСВ.

Активность и оптимум действия используемых ферментных препаратов представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Характеристика ферментных препаратов**

Наименование ФП	Оптимальные условия действия	
	Температура, °С	pH
Нейтраз 0,8 Л	от 45 до 55	от 5,5 до 7,5
Термамил 120 Л	от 75 до 95	от 5,8 до 7,0
ГлюкоМакс	от 55 до 60	от 4,2 до 4,8
Маннаназа	от 55 до 60	от 4,6 до 5,5

Качественные показатели избыточных пивных дрожжей 2 генерации рода *Saccharomyces carlsbergensis*, используемых в эксперименте, представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Качественные показатели избыточных пивных дрожжей**

Наименование показателя	Значение
Морфологическое состояние клеток	Форма клеток округлая, эллипсоидная
Содержание дрожжевых клеток, млн.кл./см <sup>3</sup>	115,1
Количество почкующихся клеток, %	22,6
Количество мертвых клеток, %	1,98
pH	4,78

Перед проведением экспериментов проводили подготовку избыточных пивных дрожжей следующим образом: избыточные пивные дрожжи отцентрифугировали на центрифуге марки ЕLMI CM-6M; трижды промывали водой температурой около 15 °С, после первой промывки осуществляли обработку для удаления горечи. Для этого дрожжи обрабатывают бикарбонатом натрия в течение 30 минут, при этом суспензия дрожжей должна содержать 0,2 % бикарбоната натрия. Обработка бикарбонатом натрия более эффективна при удалении горьких веществ, чем раствор поваренной соли, который используется с той же целью в известных способах. Обработанную бикарбонатом натрия дрожжевую суспензию вновь сепарировали и промывали от раствора бикарбоната натрия, получается кашеобразная суспензия дрожжей с рН = 5,4; что соответствует оптимуму действия большинства из исследуемых ферментных препаратов.

Для дальнейшего проведения экспериментальных работ разбавляли концентрированную суспензию дрожжей дистиллированной водой до содержания сухих веществ 15 % и 20 % и проводили параллельные исследования.

Ферментный комплекс вносили в начале процесса гидролиза. Для подбора наиболее приемлемой дозировки ферментных препаратов проводили три параллельных исследования с минимальной, усредненной и максимальной нормой расхода, согласно рекомендациям изготовителя.

Нормы расхода ферментных препаратов в соответствии с рекомендациями изготовителя представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Нормы расхода ферментных препаратов**

Наименование ферментного препарата	Норма расхода, кг/т		
	Минимальная min	Усредненная med	Максимальная max
Нейтраза 0,8 Л	0,3	0,9	1,5
Термамил 120 Л	0,3	0,4	0,5
ГлюкоМакс	0,5	0,75	1,0
Манннаназа	0,2	0,6	0,8

Гидролиз дрожжевой суспензии проводили следующим образом. В образцы дрожжевой суспензии комнатной температуры задавали расчетное количество ферментных препаратов. Процесс гидролиза проводили в три стадии при постоянном механическом перемешивании дрожжевой суспензии. На первой стадии дрожжевую суспензию нагревали до температуры 52 °С и выдерживали при этой температуре в течение 25 мин, затем дрожжевую суспензию нагревали до 64 °С и выдерживали при этой температуре в течение 40 мин. По истечении 40 мин. дрожжевую суспензию нагревали до температуры 75 °С и выдерживали при этой температуре в течение 60 мин. После окончания процесса гидролиза для инактивации ферментов дрожжевую суспензию нагревали до кипения и кипятили в течение 5 мин. Затем полученную дрожжевую суспензию охлаждали и определяли растворимые сухие вещества и аминный азот стандартизированными методами. Полученные данные приведены в табл. 4.

**Таблица 4. Результаты гидролиза дрожжевой суспензии**

Наименование показателя	Содержание сухих веществ в дрожжевой суспензии					
	15 %			20 %		
	min	med	max	min	med	max
PCB, г/100 см <sup>3</sup>	8,4	9,7	9,8	14,2	16,5	16,6
Аминный азот, мг/100 см <sup>3</sup>	47,5	48,2	50,4	59,8	60,3	62,1

В результате анализа данных, представленных в табл. 4, сделан вывод о целесообразности и рациональности использования для проведения гидролиза биополимеров дрожжевой клетки суспензии с содержанием сухих веществ 20 %, а также нормы внесения ферментных препаратов на уровне усредненной дозировки.

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что продукты гидролиза биополимеров дрожжевой клетки очень перспективны с точки зрения не только кормовой, но и пищевой ценности. Ферментативный гидролиз биополимеров дрожжевой клетки является перспективным направлением в разработке способа рациональной утилизации избыточных пивных дрожжей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Колпакчи, А. П.* Вторичные материальные ресурсы пивоварения / А. П. Колпакчи, Н. В. Голикова, О. П. Андреева. — М.: Агропромиздат, 1986. — 160 с.
2. *Федоренко, Б. Н.* Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли / Б.Н. Федоренко. — СПб.: Профессия, 2009. — 1000 с.
3. *Кунце, В.* Технология солода и пива: пер. с нем. / В Кунце. — СПб.: Профессия, 2009. — 1064 с.  
*Рукопись статьи поступила в редакцию 07.08.2017*

**E. M. Morgunova, V. V. Solovyov**

### **DIRECTED HYDROLYSIS OF BIOPOLYMERS OF THE YEAST CELL FOR THE PURPOSE OF RATIONAL UTILIZATION OF EXCESS BEER YEAST**

*This article presents the results of research on the study and selection of enzyme preparations that ensure the maximum destruction of yeast cell biopolymers.*

*Keywords: excess brewer's yeast, yeast cell, enzymes, hydrolysis of biopolymers, destruction, utilization of brewer's yeast.*

644.44

*В статье изучена возможность применения в пивоваренном производстве компонента растительного происхождения — водоросли хлореллы как источника биологически активных веществ, необходимого для повышения физиологической активности дрожжей. Исследовано влияние кратности введения водоросли хлореллы на процесс главного брожения при применении различных генераций дрожжей.*

*Ключевые слова: пивоварение, водоросль хлорелла, пивоваренные дрожжи, главное брожение, генерация, накопление этилового спирта.*

## **ВОДОРОСЛЬ ХЛОРЕЛЛА КАК ИСТОЧНИК ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПИВОВАРЕННЫХ ДРОЖЖЕЙ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*Е. М. Моргунова, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству продуктов питания,*

**Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия», г. Могилев, Республика Беларусь**

*Ю. С. Назарова, кандидат технических наук, доцент*

**Учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел», г. Могилев, Республика Беларусь**

*Н. А. Шелегова, кандидат технических наук, доцент*

Поведение дрожжей при производстве пива во многом зависит от параметров ведения технологического процесса, однако, при этом не маловажную роль играет и физиологическое состояние дрожжевой биомассы, которое способно изменяться от генерации к генерации [1].

На пивоваренных предприятиях обычной практикой является разводить новую партию дрожжей через каждые 6-7 циклов брожения. Количество используемых поколений каждое производство устанавливает самостоятельно, аргументируя это различными факторами. Однако существует мнение о необходимости более частой замены используемых дрожжей, поскольку после нескольких поколений их активность сильно ослабевает [2].

Ранее проведенными исследованиями было установлено [3], что использование водоросли хлореллы в качестве активатора пивоваренных дрожжей в процессе разведения чистой культуры дрожжей стимулирует метаболизм дрожжевой клетки и способствует повышению её физиологической активности.

Учитывая этот факт, представляло интерес изучение возможной длительности использования пивоваренных дрожжей, активированных водорослью хлореллой, а также их способность сохранять свои физиологические характеристики стабильными в течение последующих поколений.

Для проведения данных исследований использовали пивное охмеленное сусло с концентрацией сухих веществ 11 %, в качестве сбраживающего материала применяли пивоваренные дрожжи рода *Saccharomycetes* расы 34 различных поколений. Определенное количество водоросли хлореллы (15 мг/100 г) вводили в чистую культуру дрожжей двумя способами:

- ♦ однократно, непосредственно в чистую культуру дрожжей, а все последующие поколения использовали без введения водоросли хлореллы;
- ♦ многократно, вводили водоросль хлореллу на каждой генерации.

Затем вели процесс главного брожения с использованием активированной дрожжевой культуры, а в последующем — с различными её поколениями, которые вводили в сусло из расчета 20 млн кл./см<sup>3</sup>. Температура брожения составляла 6–9 °С.

Для решения поставленной задачи использовали физико-химические методы, применяемые в пивоварении. Опыты проводили в 5-6 повторностях. Обсуждались только воспроизводимые в повторном опыте результаты.

В процессе главного брожения контролировали динамику накопления этилового спирта (рис. 1), при этом было установлено, что независимо от номера используемой генерации при многократном внесении водоросли хлореллы в дрожжевую разводку накопление этилового спирта проходило более интенсивно. При использовании первой генерации в опытном образце содержание этилового спирта на 19,8 % превышало контроль. При применении последующих поколений (со 2-ой по 6-ю включительно) накопление этилового спирта происходило более активно при многократном внесении водоросли хлореллы и превышало контроль на 17,6; 15,4; 13,1; 11,2; 9,7 % соответственно, в то время как при однократном внесении водоросли этот показатель превышал контроль на 15,3 — 4,3 % соответственно.

Вероятно такое интенсивное накопление этилового спирта при многократном внесении водоросли хлореллы связано с тем, что водоросль оказывает стимулирующее действие на дрожжевую биомассу, позволяя на каждой генерации получать высокоактивный посевной материал. Это в последующем обеспечивает более быстрое сбраживание пивного сусла, и как следствие, более активное накопление этилового спирта.

Водоросль хлорелла обеспечивает сбраживаемую среду свободными аминокислотами, которые при прямой ассимиляции поглощаются дрожжами с углеродным остатком, тем самым снижая затраты углеводов на их питание, и, следовательно, обеспечивая некоторое увеличение количества спирта в процессе сбраживания сусла.

Полученные данные о накоплении этилового спирта во время сбраживания пивного сусла коррелируются с данными о содержании редуцирующих сахаров в сбраживаемой среде. Наиболее полное поглощение редуцирующих сахаров наблюдали при многократном внесении водоросли хлореллы (рис. 2). При использовании первой генерации содержание редуцирующих сахаров в опытном образце снизилось на 17,3 % по отношению к контролю. При использовании последующих поколений (со 2-ой по 6-ю включительно) снижение данного показателя по отношению к контролю происходило на 16,2; 15,8; 14,7; 12,5; 10,5 % соответственно. В то время как при однократном внесении на 14,1 — 4,5 % соответственно.

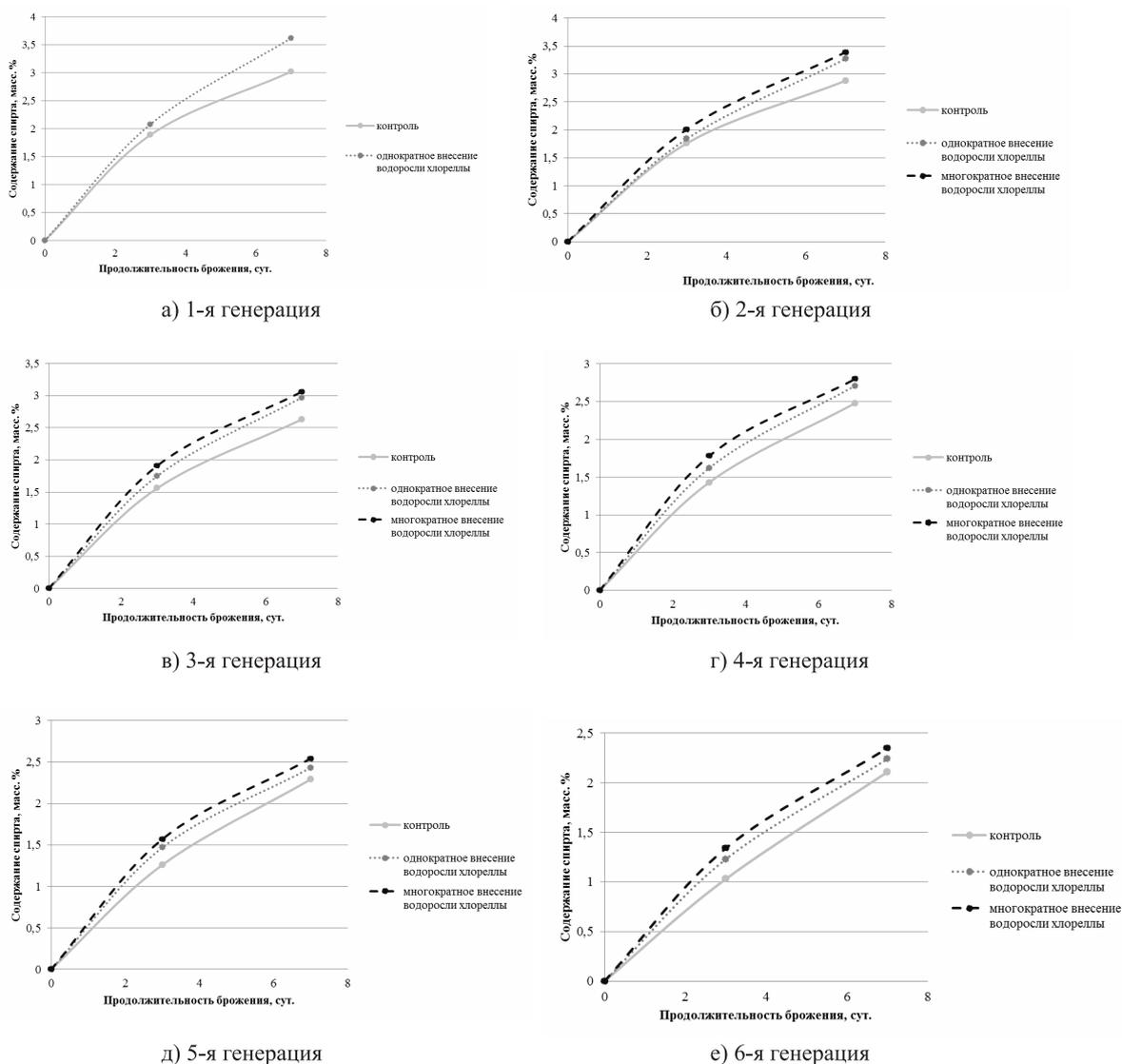


Рис. 1. Динамика накопления этилового спирта в процессе сбраживания пивного сусле с использованием различных генераций дрожжей расы 34

Кроме того, следует отметить, что при однократном внесении водоросли хлореллы наилучшие результаты наблюдались на протяжении четырех генераций, в то время как при многократном внесении – на протяжении всех шести генераций.

Введение водоросли хлореллы на каждой генерации в дрожжевую разводку также способствует более интенсивному снижению аминного азота (рис. 3) по сравнению с контрольным образцом. На первой генерации содержание аминного азота в опытном образце снизилось на 22,0 % по отношению к контролю.

При использовании последующих генераций (со 2-ой по 6-ю включительно) снижение данного показателя при многократном внесении водоросли хлореллы происходило на 20,3; 18,6; 15,9; 13,3 и 10,4 % соответственно по отношению к контролю, в то время как при однократном внесении на 19,6 – 5,6 % соответственно.

Как показывают данные (рис. 4), во всех опытных образцах убыль экстракта происходила более интенсивно, чем в контроле. На первой генерации содержание действительного экстракта в опытном образце снизилось на 9,8 % по отношению к контролю. При применении последующих генераций (со 2-й по 6-ю включительно) содержание данного показателя при мно-

по кратному внесению водоросли хлореллы снижалось на 8,4; 7,1; 5,8; 4,4; 3,6 % соответственно по отношению к контрольному образцу, а при однократном внесении на 7,7 — 1,8 % соответственно.

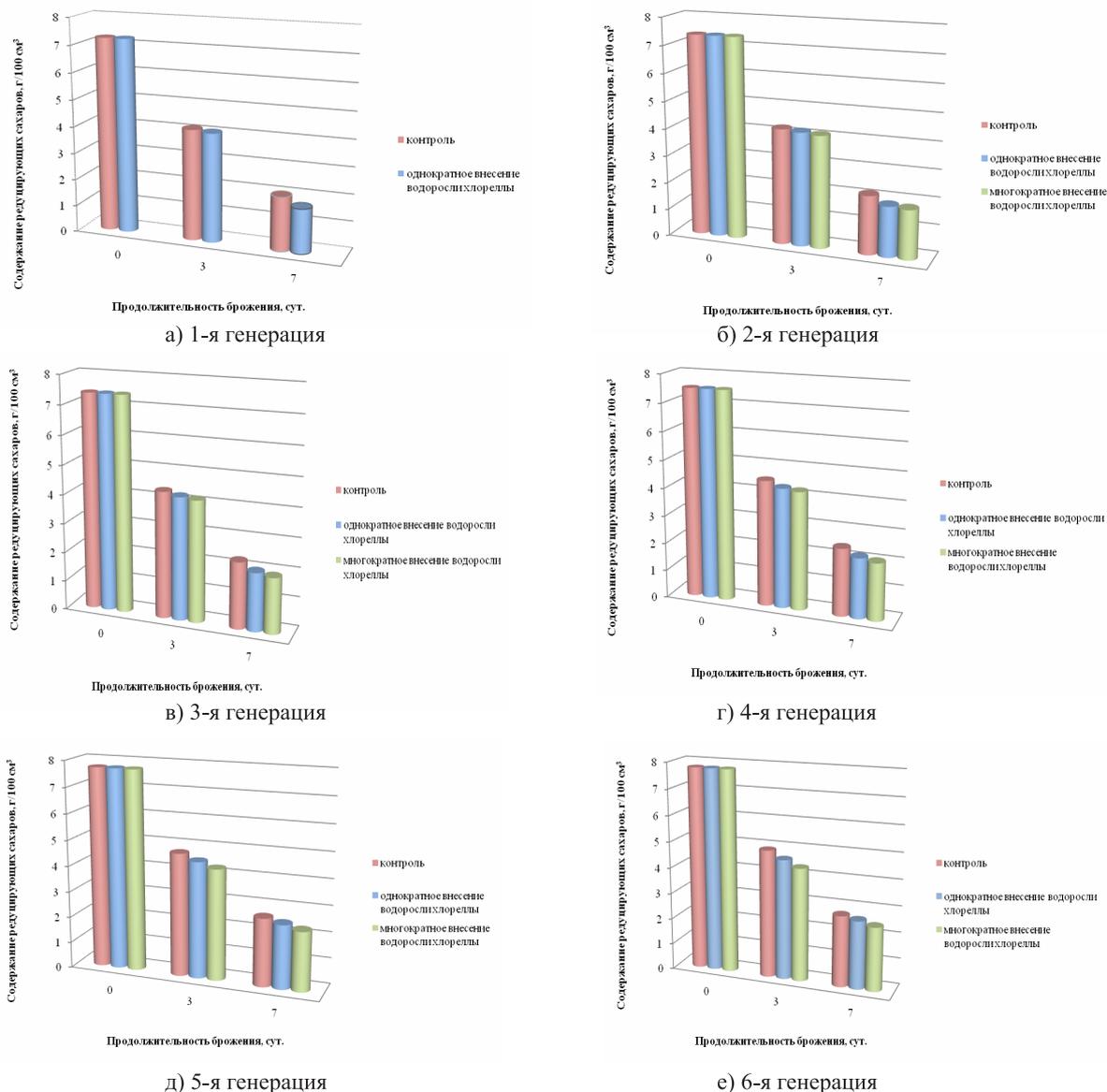


Рис. 2. Динамика потребления редуцирующих сахаров в процессе главного брожения с использованием различных генераций дрожжей расы 34, г/100см<sup>3</sup>

Снижение pH и нарастание кислотности во всех исследуемых образцах происходило в пределах нормы, свидетельствующей о правильности и чистоте протекания процесса главного брожения.

Для определения влияния кратности внесения водоросли хлореллы в дрожжевую культуру на физиологические характеристики клеток в дрожжевой разводке на протяжении шести поколений контролировали изменение количества мертвых клеток и клеток, упитанных по гликогену (рис. 5 и 6).

Установлено, что в опытных образцах для сбраживания которых использовали дрожжевую разводку, однократно активированную водорослью хлореллой на протяжении четырех генера-

ций, наблюдались стабильно высокие физиологические показатели по сравнению с контрольным образцом, в который водоросль не вносилась. При дальнейшем использовании опытных образцов (на пятой и шестой генерациях) эти показатели значительно ухудшались, хотя по-прежнему превышали данные, полученные в контрольном образце.

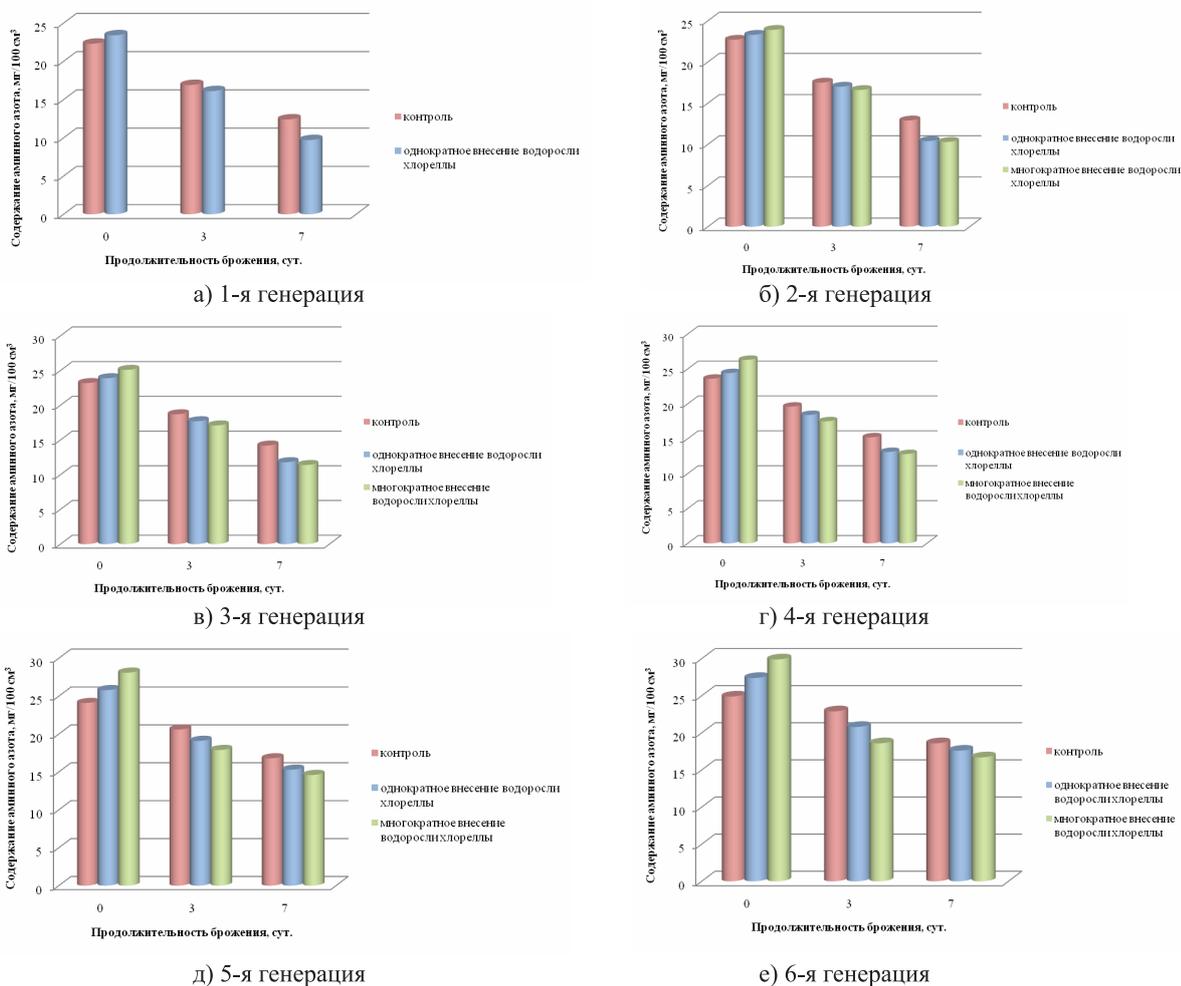


Рис. 3. Изменение аминного азота в процессе главного брожения с использованием различных генераций дрожжей расы 34, г/100 см<sup>3</sup>

Так, количество клеток, упитанных по гликогену, для первой генерации дрожжей в опытном образце к концу главного брожения на 15,2 % превышало контроль. В последующем данная динамика сохранялась на протяжении следующих генераций. Содержание клеток, упитанных по гликогену, при многократном её внесении со 2-й по 6-ю генерацию включительно превышало контроль соответственно на 14,8; 13,3; 11,9; 9,8 и 7,5 %, а при однократном внесении на 13,1 — 3,1 % соответственно.

При изучении количества мертвых клеток в процессе главного брожения было установлено, что на протяжении первой генерации содержание мертвых клеток в опытном образце снизилось на 34,6 % по отношению к контрольному образцу. В дальнейшем на протяжении следующих генераций (со 2-й по 6-ю включительно) содержание мертвых клеток, при многократном внесении водоросли хлореллы снижалось по отношению к контролю соответственно на 32,1; 29,8; 27,1; 25,6 и 23,4 %, а при однократном внесении на 30,8 — 13,7 % соответственно.

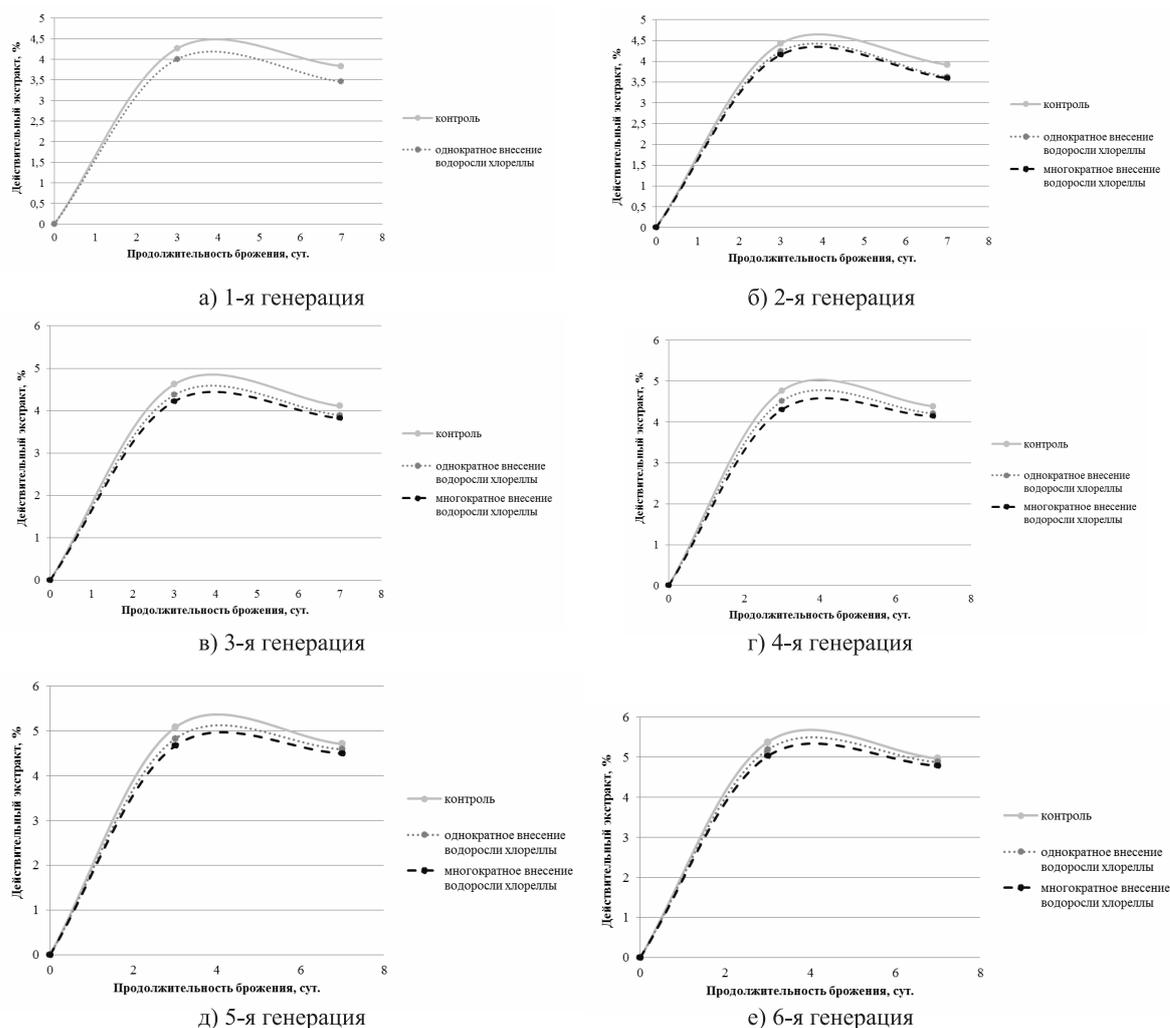


Рис. 4. Изменение действительного экстракта в процессе главного брожения с использованием различных генераций дрожжей расы 34, %

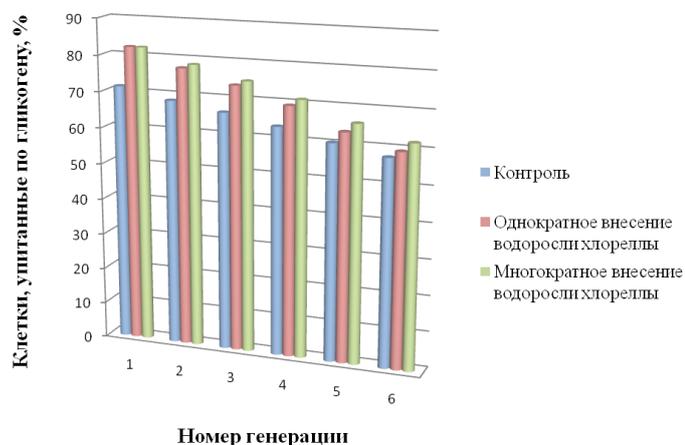


Рис. 5. Изменение количества клеток, упитанных по гликогену в процессе главного брожения

Таким образом, на основании проведенной сравнительной оценки влияния кратности введения водоросли хлореллы в дрожжевую разводку было установлено, что при однократном

использовании водоросли хлореллы пивоваренные дрожжи способны поддерживать высокие физиологические показатели на протяжении четырех поколений, по сравнению с контрольным образцом. В то время как при многократном внесении — на протяжении всех шести поколений. Это в значительной мере влияет на скорость всех процессов, происходящих при сбраживании пивного сусла, а также позволяет дрожжевой массе не терять своих бродильных свойств даже после большого числа поколений, что дает возможность их длительного использования.

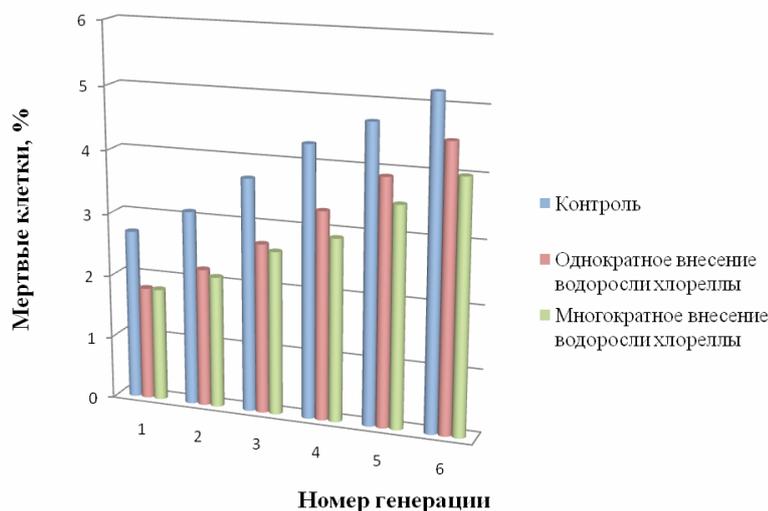


Рис. 6. Изменение количества мертвых клеток в процессе главного брожения

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хныкин, А. М. Разработка метода активации сухих пивоваренных дрожжей для заводов малой мощности / А. М. Хныкин, А. И. Садова, А. Н. Тимаева // Пиво и напитки. — 2012. — №2. — С. 12–13.
2. Жвирблянская, А. Ю. Дрожжи в пивоварении / А. Ю. Жвирблянская, В. С. Исаева. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 247 с.
3. Моргунова, Е. М. Перспективное направление в интенсификации сбраживания пивного сусла / Е. М. Моргунова, Ю. С. Назарова, Е. В. Родин // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2013. — № 2. — С. 34–38.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 07.08.2017*

**E. M. Morgunova, J. S. Nazarova, N. A. Schelegova**

### INFLUENCE OF MULTIPLeness OF BRINGING OF ALGAS OF CHLORELLA ON PROCESS OF FERMENTATION OF BEER AT THE USE OF YEASTS OF DIFFERENT GENERATIONS

In article possibility of application in brewing production of a component of a phytogenesis — algae chlorella as the source of biologically active agents necessary for increase of physiological activity of yeast is studied. Influences of multiplicity of introduction of water-plant of chlorella are investigational on the process of main fermentation at application of different generations of yeasts.

Keywords: brewing, chlorella algae, brewing yeast, main fermentation, generation, accumulation of ethyl alcohol.

*Приведены результаты биохимических исследований в образцах продукции, получаемой от нельмы (*Stenodus leucichthys nelma* (Pallas)), обитающей в низовьях бассейна р. Енисей. Определено содержание широкого спектра биологически активных веществ, включающих в себя макро- и микроэлементы, жирные кислоты, аминокислоты и витамины.*

*Установлена пищевая ценность мяса нельмы в соответствии с общепринятыми ее составляющими: энергетическая ценность, биологическая ценность, биологическая эффективность, физиологическая ценность.*

***Ключевые слова:** рыба, нельма, качество, пищевая ценность, биологически ценные вещества, аминокислотный состав, жирные кислоты, белок, витамины.*

## **КАЧЕСТВО МЯСА НЕЛЬМЫ (*STENODUS LEUCICHTHYS NELMA* (PALLAS)), ВЫЛАВЛИВАЕМОЙ В НИЗОВЬЯХ АКВАТОРИИ РЕКИ ЕНИСЕЙ**

**УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной  
медицины», г. Витебск, Республика Беларусь**

*А. А. Гнедов, доктор технических наук, доцент кафедры частного животноводства*

Нельма (*Stenodus leucichthys nelma* (Pallas)) распространена в широком ареале: обитает циркумполярно в бассейнах северных рек Европы, Сибири и Северной Америки. Подвид, обитающий в бассейне р. Волги, — белорыбица (*Stenodus leucichthys leucichthys* (Guldenstadt)) [1].

По образу жизни нельма является проходной рыбой, но в р. Енисей образовалась жилая форма [2].

Нельма — самая крупная рыба из семейства сиговых с максимальной длиной тела 150 см и массой 28 кг (редко до 40 кг). Половозрелой становится в возрасте 8-14 лет при достижении длины 65-75 см и массы 4-5 кг. В виде прилова вылавливается в разном возрасте и различного размера, как половозрелая, так и неполовозрелая. Обычные средние промысловые размеры — 60-70 см и масса 3-10 кг. Рыбы старше 25 лет в р. Енисей встречаются редко.

От представителей многочисленного семейства сиговых нельма отличается большим, косым, конечно-верхним ртом с многочисленными мелкими зубами, удлинённой нижней челюстью. Сочленение нижней челюсти находится за задним краем глаза. Нижняя челюсть выдается вперед. Спереди она круто загибается вверх, образуя крюк, который входит в выемку на верхней челюсти. Зубы имеются на челюстях, сошнике, небных костях и языке.

Строение и химический состав мяса промысловых видов рыб низовий бассейна р. Енисей не одинаковы. Отличия присущи как видам, относящимся к одному семейству, так и представителям одного вида, но находящимся в разных условиях обитания. Поэтому характеристики пищевой и биологической ценности так же отличаются.

В научной литературе встречаются данные о пищевой ценности нельмы из бассейнов рек Волга и Обь. Но данных по нельме, вылавливаемой в низовьях бассейна р. Енисей в доступных источниках не зарегистрировано. Актуальность работы характеризуется новизной проведенных нами исследований.

Цель работы: изучить биохимические показатели и пищевую ценность мяса нельмы, вылавливаемой в низовьях бассейна р. Енисей.

**Материал и методы исследований.** Исследования проводили на промысловых точках в низовьях бассейна р. Енисей: п. Воронцово, п. Караул, п. Носок, п. Усть-Порт. Отбор образцов продукции проводили методом выборки из каждой партии характерных мерных экземпляров, со-

гласно ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей». Все образцы рыбной продукции были измерены и взвешены, согласно ГОСТ 1368-2003 «Рыба. Длина и масса». Отобранные экземпляры рыб были разделаны для определения массового состава [3]. Полученные части рыб объединили в однородные партии и привели к средней пробе каждого вида согласно ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». Из каждой средней пробы выделили средний образец [4, 5, 6, 7].

Отобранные образцы после измельчения и гомогенизации высушили при температуре +45 °С с использованием ИК-установки - СКВ 04.00.000. Полученную сухую массу измельчили на истирателе УХЛ-4 до получения мелкодисперсного нативного порошка с размером частиц до 0,07–0,04 мм. Биохимические исследования проводили в аккредитованной лаборатории биохимии СибНИПТИЖ г. Новосибирска.

Химический состав мяса рыбы определяли по комплексу методов: жир – по Сокслету, общий белок – модифицированным методом Кьельдаля.

Физико-химические свойства образцов проводили по методикам общего зооанализа согласно ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» и ГОСТ Р 52421-2005 «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы». Макро-, микроэлементный и биохимический состав определяли атомно-абсорбционным методом на приборе Perkin Elmer – 306.

Определение аминокислотного и витаминного состава проводили методом инфракрасной спектроскопии на автоматическом многофункциональном анализаторе инфракрасной области спектра «ИК 4500».

Обработку данных проводили по методике А. Н. Плохинского [8] с использованием пакетов прикладных компьютерных программ STAT 1, а также встроенных функций пакета MS Excel [8].

По результатам исследований проведен расширенный анализ показателей, отражающих пищевую ценность мяса нельмы:

энергетическая ценность – суммарное количество энергии, используемой для поддержания физиологических функций организма и выделяемое при биологическом окислении питательных веществ, содержащихся в 100 г продукта;

биологическая ценность – отражает качество белка, по сбалансированности его аминокислотного состава относительно идеальной шкалы аминокислот гипотетического белка (ФАО/ВОЗ), и способности к оптимальной усвояемости организмом;

биологическая эффективность – показатель качества жировых компонентов продукта, отражающий содержание в них полиненасыщенных (незаменимых) жирных кислот;

физиологическая ценность – характеризует способность составных компонентов стимулировать и активизировать основные процессы жизнеобеспечения физиологических систем организма с помощью активных веществ: макро-, микроэлементы, витамины, азотистые вещества и ферменты.

На основании полученных результатов химического состава проведена оценка пищевой и биологической ценности мяса исследованных рыб по методикам А. А. Покровского [9].

**Результаты исследований.** На основании изучения степени посмертного окоченения путем измерения угла прогиба определены сроки хранения рыбы при различной температуре на открытом воздухе. Для каждого вида в силу индивидуальных особенностей время хранения на открытом воздухе разное.

На время хранения рыбы на открытом воздухе существенно влияют индивидуальные характеристики: содержание жира в мышцах, влагонасыщенность, физическое состояние при вылове, степень механических повреждений и другие.

Нельма – крупная рыба, ткани которой содержат относительно много жира и влаги. Поэтому время хранения на открытом воздухе индивидуально только для этого вида (табл. 1).

**Таблица 1. Время хранения нельмы бассейна р. Енисей на открытом воздухе, ч**

Вид	Температура окружающей среды, °С		
	+10	+5	0
Нельма	3-5	10-17	35

В связи с ограниченностью лимита времени на сохранение первоначального качества рыбы, докамеральная обработка производилась в течение 5 часов после вылова.

Рыбы р. Енисей достигают половой зрелости позднее своих видовых сородичей, обитающих в более теплых водоемах. Следовательно, линейный рост у них замедлен [10].

Морфометрические показатели фактически вылавливаемой нельмы – длина и масса – с учетом возраста достижения промысловых размеров, приведены к среднему показателю (табл. 2).

**Таблица 2. Средний промысловый размер и масса нельмы низовий бассейна р. Енисей**

Количество исследованных образцов	Размер, см M±m	Масса, г M±m
21	75±4,2	5980±320

Непосредственно производственный интерес представляют данные о массовом составе нельмы, вылавливаемой в низовьях р. Енисей.

Массовый состав – соотношение массы отдельных частей тела и органов, выраженное в процентах от массы целой рыбы.

Массовый состав позволяет прогнозировать способы их глубокой переработки (табл. 3).

**Таблица 3. Массовый состав нельмы низовий бассейна р. Енисей, %**

n	Мясо с кожей	Чешуя	Голова	Кости, плавники	Внутренности		
					Кишечник, пленки, плавательный пузырь, почки	Гонады	Печень
21	72,3±7,1	1,8±0,4	8,7±1,9	9,9±1,3	6,9±1,8	1,7±0,4	1,3±0,3

*Примечание:* n – количество исследованных образцов, экземпляров

Выход мяса рыб средних размеров составляет около 70 % от массы целой рыбы. По мере роста этот показатель увеличивается. Средняя величина головы у нельмы промысловых размеров – 7–9 % от массы целой рыбы. У мелких особей массовая доля головы может составлять более 10 % от массы целой рыбы.

Доля несъедобной части внутренностей составляет 5–8 % от массы целой рыбы. Этот показатель стабилен практически в любом возрасте нельмы. Только у максимально больших по величине рыб он несколько меньше. Не используемый в промышленной переработке нутряной жир нельмы в общей массе внутренностей иногда составляет более 30 %.

В сравнении с другими представителями сиговых нельма обладает крупной печенью – до 2 % от общей массы, но в переработке печень не используется.

В связи с тем, что нельма вылавливается нецеленаправленно, особи с созревшими гонадами попадают крайне редко. Но в нерестовой кондиции средняя величина ястыков с икрой составляет 1,2–2 %.

К важнейшим показателям биохимического состава относятся содержание жира, белка, наличие биологически активных веществ (макро- и микроэлементов, жирных кислот, аминокислот и витаминов).

Белок и жиры в различных видах рыб составляют основную структурную массу, а их количество характеризует величину энергетической ценности (табл. 4) [11].

Энергетическая ценность мяса нельмы позволяет отнести его к высококалорийным продуктам, а по содержанию белка и жира – к высокобелковым, особожирным видам рыб. Отношение белка к жиру составило 4,9.

**Таблица 4. Состав и энергетическая ценность мяса нельмы низовий бассейна р. Енисей**

Показатели	Количество, г/100г	Энергетический коэффициент, ккал/г	Энергетическая ценность компонентов, ккал/100г
Белок	73,43±0,62	4	293,72±0,89
Жир	15,11±0,21	9	135,99±0,67
Энергетическая ценность рыбы, ккал/100г			429,71±0,78

Оценка качества белка является основным критерием для определения полноценности продукта.

Для определения биологической ценности был исследован аминокислотный состав мяса нельмы. Определено 16 аминокислот (табл. 5).

**Таблица 5. Аминокислотный состав мяса нельмы низовий бассейна р. Енисей, г/100 г**

Аминокислота	Содержание
Триптофан	0,82
Оксипролин	0,082
Изолейцин	3,28
Треонин	2,29
Серии	1,91
Глицин	3,02
Алании	3,96
Валин	3,40
Метионин	1,43
Метион.+цистин	3,95
Лейцин	6,28
Глутамин	7,38
Пролин	1,85
Фенилаланин	1,84
Лизин	5,46
Аргинин	3,47
Сумма незаменимых кислот	28,75
Сумма заменимых кислот	23,1

Аминокислотный состав белка мышечной ткани определяет биологическую полноценность мяса. Существенное значение имеет количественное и качественное соотношение содержащихся в продукте незаменимых и заменимых аминокислот. Этот показатель составил для мяса нельмы 1,24 – соотношение, характерное для мяса млекопитающих, что указывает на предпочтительный белковый баланс.

Для подтверждения достоверности такого вывода проведено изучение биологической ценности мяса нельмы в сравнительном аспекте по качественному белковому показателю (КБП) и аминокислотному скору.

Величина качественного белкового показателя (КБП) – это отношение количества триптофана к оксипролину. Этот метод позволяет определить соотношение мышечных и соединительно-тканых белков. Известно, что все мышечные белки содержат триптофан, отсутствующий в соединительной ткани, при этом в коллагене присутствует до 14 % заменимой аминокислоты оксипролина, отсутствующего в полноценных белках мяса.

Поэтому считается, что чем выше полученное значение, тем качественнее мясо. Если ориентироваться на аналоги, соответствующие мясу млекопитающих, то этот показатель составляет 12,0 – 15,0.

Данные по качественному белковому показателю мяса нельмы приведены в табл. 6.

**Таблица 6. Качественный белковый показатель (КБП) мяса нельмы низовий бассейна р. Енисей**

Триптофан	Оксипролин	КБП
0,82	0,082	10

Анализируя полученный качественный белковый показатель, можно сделать положительный вывод о сбалансированности и наличии мышечных волокон – величина достаточно высокая.

Среди химических методов, определяющих биологическую ценность продукта, наиболее показателен метод аминокислотного сора (scoг — счет, подсчет). Суть метода – сравнение (отношение) аминокислотного состава белка оцениваемого продукта с аминокислотным составом стандартного (идеального) белка.

Аминокислотный скор определяли для каждой незаменимой аминокислоты (табл. 7).

**Таблица 7. Аминокислотный скор мяса нельмы низовий бассейна р. Енисей**

Аминокислота	Идеальный белок ФАО/ВОЗ		Мясо нельмы	
	г/100 г белка	СКОР, %	г/100 г белка	СКОР, %
Триптофан	1,0	100	0,82	82,0
Изолейцин	4,0	100	3,28	82,0
Треонин	4,0	100	2,29	57,25
Валин	5,0	100	3,40	68,0
Метионин+цистин	3,5	100	5,38	153,71
Лейцин	7,0	100	6,28	89,71
Фенилаланин+тирозин	6,0	100	1,84	30,67
Лизин	5,5	100	5,46	99,09
Сумма	36,0	100	28,75	79,86

Результаты подсчета аминокислотного сора указывают на пониженную биологическую ценность мяса нельмы относительно эталона: сумма и скор почти всех аминокислот имеют показатели несколько ниже гипотетического «идеального белка». Тем не менее, этот показатель не является низким. Комплекс «метионин+цистин» значительно выше эталона, а триптофан, изолейцин, лейцин и лизин – близки к эталонному значению.

Высокомолекулярные жирные кислоты, в молекулах которых содержится не менее двух двойных связей, не могут синтезироваться в организме человека и должны поступать с пищей. К ним относится линолевая, линоленовая, арахидоновая кислоты и другие. Рыба отличается большим содержанием этих незаменимых и других ненасыщенных жирных кислот.

Биологическая эффективность просчитывается на основании содержания жирных кислот (табл. 8).

**Таблица 8. Содержание жирных кислот в мясе нельмы низовий бассейна р. Енисей, мг/100г**

Жирные кислоты	Содержание
Пальмитоолеиновая	1,78±0,02
Олеиновая	7,00±0,06
Линолевая	1,13±0,01
Линоленовая	0,1±0,01
Сумма ненасыщенных кислот	10,01±0,27
Лауриновая	Следы

Окончание табл. 8

Жирные кислоты	Содержание
Миристиновая	0,31±0,01
Пальмитиновая	2,13±0,27
Стеариновая	1,32±0,09
Арахидиновая	0,01±0,01
Сумма насыщенных кислот	3,87±0,22

Характеристика нельмы как рыбы, обладающей исключительными вкусовыми качествами, подтверждается результатами качества жира. Отношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным составило коэффициент 2,6, что указывает на высокую биологическую эффективность.

Для стимулирования и активизирования основных процессов жизнеобеспечения физиологических систем организма, потребляющего рыбу, основную роль играют макро-, микроэлементы, жиро- и водорастворимые витамины, которые способствуют укреплению сердечно-сосудистой системы, нормализации процессов пищеварительной системы, усилению иммунной системы.

В мясе нельмы определен широкий спектр макро- и микроэлементов, комплекса жиро- и водорастворимых витаминов (табл. 9).

**Таблица 9. Содержание макро-, микроэлементов, жиро- и водорастворимых витаминов в мясе нельмы низовий бассейна р. Енисей**

Показатель	Содержание
Макро- и микроэлементы, мг/кг	
Кальций	1000,00±76
Фосфор	7800,00±300
Калий	15000,00±700
Натрий	2080,00±126
Железо	25,00±1,6
Марганец	1,20±0,07
Медь	1,00±0,03
Цинк	21,0±0,1
Магний	0,76±0,02
Витамины, мг/кг	
А	1,06±0,04
Е	26,67±0,29
В1	10,67±0,32
В2	6,40±0,27
В3	11,96±0,30
В5	81,50±0,78
В6	7,11±0,02
В12, мкг/кг	106,7±1,33

Анализ данных показал, что мясо нельмы обладает полным спектром витаминов, макро-, микроэлементов и прекрасно сбалансировано по содержанию этих составляющих, что указывает на хорошую физиологическую ценность.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено следующее:

1. Энергетическая ценность мяса нельмы позволяет отнести его к высококалорийным продуктам. А по содержанию белка и жира - к высокобелковым, особожирным видам рыб.

2. Мясо нельмы содержит полный спектр жирных кислот, а отношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным составило коэффициент 2,6, что указывает на его высокую биологическую активность.

3. Биологическая ценность образцов по сумме аминокислотного сгора стремится к идеалу – 79,86 %. Отмечается значительное содержание таких аминокислот, как комплекс метионин+цистин (153,7) и лизин (99,09).

4. Содержание полного комплекса макро-, микроэлементов и витаминов свидетельствует о хорошей физиологической ценности.

5. В рационе питания мясо нельмы по критериям пищевой ценности может служить полноценным пищевым продуктом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Берг, Л. С.* Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / Л. С. Берг. – М. Л.: Изд-во АН СССР. – 1948. – Ч. 1. – 466 с.
2. *Подлесный, А. В.* Рыбы Енисея, условия их обитания и использование / А. В. Подлесный // Изв. ВНИОРХ. – 1958. – Т. 44. – С. 97–178.
3. Товароведение и экспертиза потребительских товаров / В.В. Шевченко [и др.]; под ред. В.В. Шевченко. – М.: Инфра-М, 2006. – 544с.
4. ГОСТ 1368-2003 Рыба. Длина и масса.
5. ГОСТ 31339-2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб.
6. ГОСТ 7631-2008 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей.
7. ГОСТ Р 52421-2005 Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы.
8. *Плохинский, Н. А.* Руководство по биометрии для зоотехников / Н. А. Плохинский. – М.: Колос, 1969. – 255 с.
9. *Покровский, А. А.* Роль биохимии в развитии науки о питании. Некоторые закономерности ассимиляции пищевых веществ на уровне клетки и целостного организма / А. А. Покровский. – М. Наука. – 1974. – 89 с.
10. *Моисеев, П. А.* Ихтиология / П. А. Моисеев, Н. А. Азизова, И.И. Куранова. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1981. – 383 с.
11. *Родина, Т. Г.* Справочник по товароведению продовольственных товаров / Т. Г. Родина. – М.: Колос С. – 2003. – 608 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.06.2017*

**A. A. Gnedov**

### **QUALITY OF SHEEFISH (*STENODUS LEUCICHTHYS NELMA* (PALLAS)), LIQUIDED IN THE LOWS OF THE AREA OF THE YENISEI RIVER, AS ASSESSED UNDER THE FOOD VALUE CRITERIA**

The Broughted results of the biochemical studies in sample of the product, got from sheefish (*Stenodus leucichthys nelma* (Pallas)), dwelling in lower reached of the pool r. Enisey. The content of a wide range of biologically active substances, including the macro-and micronutrients, fatty acids, amino acids and vitamins.

Determined the nutritional value of meat sheefish in accordance with generally accepted its components: energy value, bioavailability, biological efficiency, physiological value.

Keywords: fish, nelma, quality, nutritional value, biologically valuable substances, amino acid composition, fatty acids, protein, vitamins.

*Экологическая чистота и безопасность рыбной продукции напрямую связаны с методами профилактики и лечения бактериальных инфекций карповых рыб. В статье представлены исследования по влаготепловой обработке комбикорма, содержащего в качестве активного действующего вещества фитобиотик Микс-Ойл. Были получены оптимальные параметры влаготепловой обработки лечебно-профилактического комбикорма при различных дозировках препарата Микс-Ойл и представлены результаты по эффективности его применения.*

***Ключевые слова:** комбикорм, рыба, карп, рыбная продукция, фитобиотики, влаготепловая обработка, параметры обработки, профилактика аэроманоза, эффективность.*

## **ВЛИЯНИЕ ВЛАГОТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО КОМБИКОРМА ДЛЯ КАРПА С ФИТОБИОТИКОМ МИКС-ОЙЛ**

**РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь**

***Ж. В. Кошак**, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов;  
**С. М. Дегтярик**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией болезней рыб*

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

***А. Э. Кошак**, кандидат технических наук, доцент,  
и.о. начальника отдела новых технологий и техники,*

Современное рыбоводство, располагающее мощной производственной базой имеет все возможности по обеспечению населения республики рыбой – одним из самых ценных белковых продуктов. Важным условием развития рыбоводства является защита рыб от болезней. Рыбы, как и другие животные, подвержены заболеваниям различной этиологии (паразитарным, бактериальным, вирусным, микозным, незаразным) [1]. Бактериальные инфекции наиболее опасны, поскольку могут вызвать стопроцентную гибель рыб.

Аэромонады – возбудители бактериальной геморрагической септицемии у рыб, которые могут вызвать геморагии у теплокровных. Известно, что вспышкам заболеваемости способствует снижение иммунитета, вызванное стрессовыми экологическими факторами. Для лечения и профилактики этих заболеваний наиболее широко используются антибиотики. Курс лечения антибиотиками составляет не менее 10 дней и часто приводит к иммунодепрессивным состояниям у рыб, ухудшению эпизоотической ситуации и ухудшению потребительских качеств рыбы. Кроме этого, широкое применение антибиотиков и химиопрепаратов для профилактики и борьбы с бактериальными болезнями в рыбоводных хозяйствах привело к возникновению такой проблемы, как лекарственная сопротивляемость [2].

В последние годы использование некоторых антибиотиков запрещено в ряде стран по причине серьезной экологической опасности, а также некоторого канцерогенного эффекта, вызываемого ими у многих костистых рыб [3]. Антибиотики могут угнетать полезную микрофлору, которая обычно присутствует в пищеварительном тракте рыб [4]. В связи с этим вместо антибиотиков все чаще используют пробиотики, пребиотики и фитобиотики.

Фитобиотики – это комплексы растительного происхождения, обладающие разнообразным действием на организм: антимикробным, противовирусным, иммуномодулирующим, противогрибковым, противовоспалительным и т.п. В их состав входят, как правило, натуральные растительные компоненты. Фитобиотики получают из ароматических растений и добавляют в корма.

Они, как показывают исследования, стимулируют выработку эндогенных ферментов, тем самым улучшая перевариваемость питательных веществ комбикорма, вкусовые качества фитобиотиков увеличивают поедаемость комбикормов. Положительное воздействие фитобиотиков связано с содержанием в них таких веществ как каротиноиды, полипептиды, фитоэстрагены, сапонины и др. [5, 6]. Установлено, что совместное действие органических кислот и эфирных масел в фитобиотиках оказывает комплексное действие, направленное на сокращение патогенной микрофлоры и поддержание сапрофитной флоры. Сочетание активных ингредиентов способствует проникновению органических кислот сквозь клеточную мембрану бактерий, повышая тем самым ее проницаемость и позволяя кислотам распадаться в кишечнике, а бактерицидный и фунгицидный эффекты определенных эфирных масел усиливаются в слабокислой среде.

В связи с этим разработка лечебно-профилактического комбикорма с фитобиотиком Микс-Ойл в его составе является актуальной задачей для Республики Беларусь. Однако при влаготепловой обработке комбикорма перед гранулированием активность фитобиотика снижается либо вообще прекращается. Поэтому актуальным является подбор параметров влаготепловой обработки комбикорма с фитобиотиком Микс-Ойл, которые позволят сохранить его активность и дать результаты при профилактике и лечении бактериальных инфекций карповых рыб, в частности аэромоназов.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Важным фактором, влияющим на качество гранул и эффективность процесса гранулирования, является обеспечение требуемых условий кондиционирования в соответствии со свойствами обрабатываемого продукта. Для составления хорошо гранулируемой смеси необходимо иметь различные компоненты, делающие корм эластичным, легко проходимым через отверстия матрицы, повышающие производительность пресса при минимальных затратах электроэнергии и уменьшающие износ матрицы. При этом нужно создать условия гранулирования, способствующие лучшему склеиванию компонентов смеси. При использовании термочувствительных продуктов (молочный порошок, сахар, фитобиотики, пробиотики) нужно добавлять небольшое количество пара. Это определит невысокую влажность смеси при кондиционировании. Процесс прессования таких продуктов протекает с определенными трудностями, поэтому нужно поддерживать небольшую производительность пресс-гранулятора. Следует применять воду вместо пара либо малое количество пара [7].

Под воздействием пара при кондиционировании комбикорма, благодаря подводу тепла и влаги, рассыпной комбикорм подвергается, с одной стороны, структурно-механическим, с другой, биохимическим изменениям, в результате чего получают продукт, необходимой для прессования вязкости. Состав комбикормов определяет его коллоидно-пористую структуру. При поглощении влаги коллоиды набухают и видоизменяются. С повышением температуры набухание происходит более интенсивно, при этом повышаются пластические свойства комбикорма. Повышение температуры благоприятствует освобождению жира из жировых клеток компонентов комбикормов, тем самым снижается вязкость жира и увлажняется поверхность комбикорма. Жир равномерно обволакивает теплую и влажную поверхность комбикорма. С повышением температуры и влажности происходит клейстеризация крахмала, переход его в растворимую форму, более доступную для действия ферментов. При кондиционировании комбикорма достигается частичный гидролиз крахмала, который является составной частью углеводов компонентов комбикорма, например зерновых культур. В результате чего образуются декстрины и простые сахара, способствующие сцеплению частиц комбикорма между собой.

Самым простым способом влаготепловой обработки является скоростное кондиционирование. Оно достигается в результате равномерного прогрева комбикорма в кондиционере-смесителе сухим перегретым паром с давлением  $3,5-4,5 \cdot 10^5$  Па в количестве 50–60 кг пара на 1 тонну комбикорма. При этом температура продукта повышается до 75–85 °С. Продолжительность обработки 10–30 секунд. Скоростное кондиционирование является основным и наиболее распространенным способом влаготепловой обработки комбикормов перед такими операциями как гранулирование, экспандирование, экструдирование и т.п. [8].

На активность фитобиотика Микс-Ойл существенное воздействие оказывает влаготепловая обработка комбикорма. Для изучения ее влияния были выбраны следующие дозировки 200, 400 и 600 г/т препарата, форма выпуска рассыпной.

Для исследования использовалось планирование эксперимента, а именно ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездным плечом [9]. В качестве независимых факторов, влияющих на эффективность процесса, выбраны время влаготепловой обработки и температура протекания процесса. Матрица планирования ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездой представлена в табл. 1.

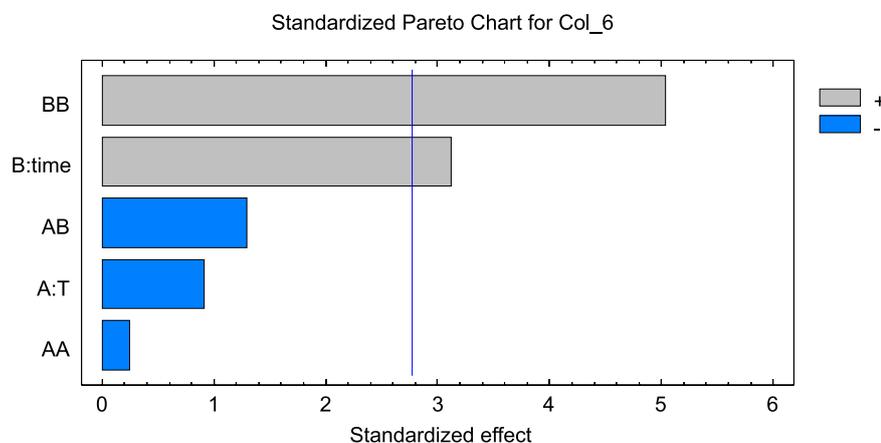
**Таблица 1. Матрица планирования ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездой.  
Дозировка фитобиотика Микс-Ойл 200, 400 и 600 г/т**

№ опыта	Время влаготепловой обработки комбикорма, с	Температура процесса, °С
1	40	55
2	20	50
3	20	60
4	60	50
5	60	60
6	40	48
7	40	62
8	12	55
9	68	55
10	40	55

В качестве выходных параметров, характеризующих структурно-механические свойства комбикорма, были выбраны: влажность комбикорма, разбухаемость и плотность гранул.

Обработку результатов эксперимента проводили с помощью специализированного пакета математического анализа Stat Graphics Centurion. Для анализа данных эксперимента были построены карты Парето, поверхности отклика и параметрические диаграммы для всех трех выходных параметров процесса влаготепловой обработки комбикорма, а также подобрана математическая модель, адекватно описывающая процесс влаготепловой обработки комбикорма с различной дозировкой фитобиотика Микс-Ойл. Было установлено, что наибольшее влияние на влажность комбикорма, разбухаемость и плотность гранул оказывает продолжительность влаготепловой обработки (ВТО), причем с увеличением продолжительности ВТО увеличивается значение влажности пропаренного комбикорма, снижается разбухаемость гранул (увеличивается водостойкость) и увеличивается плотность гранул.

Карта Парето, показывающая влияние времени влаготепловой обработки и температуры процесса на плотность гранул комбикорма при дозировке 200 г/т представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Карта Парето для выходного параметра процесса – плотность гранул (дозировка 200 г/т)

Карты Парето при дозировках 400 и 600 г/т отражают аналогичные закономерности.

Изменения разбухаемости гранул при влаготепловой обработке при дозировках фитобиотика Микс-Ойл 200, 400 и 600 г/т также имеют сходный характер: при увеличении температуры и времени обработки время разбухаемости гранул комбикорма в воде увеличивается, т.е. водостойкость гранул повышается. Поверхность отклика, отражающая характер изменения показателя разбухаемости гранул при возрастании температуры и времени обработки при дозировке 600 г/т. представлена на рис. 2.

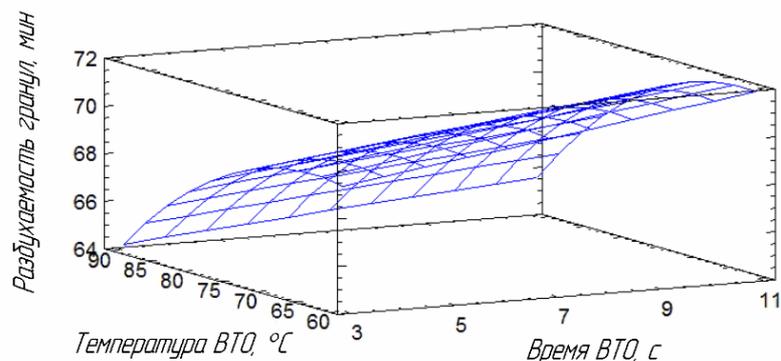


Рис. 2. Поверхность отклика, характеризующая разбухаемость гранул при влаготепловой обработке комбикорма

Анализируя рис. 2, видим, что поверхность отклика имеет оптимум, при котором наблюдается максимальная разбухаемость гранул. Спроецировав, эту точку максимума на плоскость «Время – Температура ВТО», можно получить оптимальные параметры влаготепловой обработки комбикорма, которые обеспечивают максимальную разбухаемость гранул при дозировке 600 г/т фитобиотика Микс-ойл. Однако более точные значения параметров процесса можно получить, построив диаграмму, на которой совмещены параметрические диаграммы двух выходных параметров: разбухаемость и плотность гранул. Параметрическая диаграмма для дозировки фитобиотика 600 г/т представлена на рис. 3.

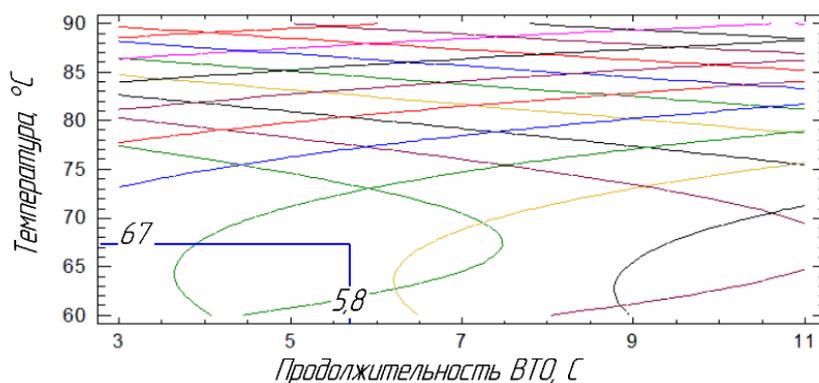


Рис. 3. Параметрическая диаграмма выходных параметров разбухаемость – плотность процесса ВТО

Анализ рис. 3 показывает, что оптимальные значения параметров влаготепловой обработки следующие: температура комбикорма 67°С при продолжительности процесса 5,8 сек. Аналогичные оптимальные параметры процесса влаготепловой обработки были отмечены и при дозировках 200 и 400 г/т.

Была получена математическая модель, описывающая изменение разбухаемости гранул комбикорма при различных дозировках препарата Микс-Ойл в процессе влаготепловой обработки комбикорма:

$$R = A + B \cdot t + C \cdot T + D \cdot t^2 + F \cdot t \cdot T + G \cdot T^2, \quad (1)$$

где  $R$  – разбухаемость гранул, мин;  
 $A, B, C, D, F, G$  – экспериментальные коэффициенты;  
 $t$  – продолжительность влаготепловой обработки, с;  
 $T$  – температура влаготепловой обработки, °С.

Математическая модель адекватно описывает процесс влаготепловой обработки и его влияние на разбухаемость гранул по Фишеру. Значения экспериментальных коэффициентов при различных дозировках препарата Микс-Ойл представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Значения коэффициентов математической модели при различных дозировках препарата Микс-Ойл**

Коэффициент	Дозировка фитобиотика Микс-Ойл, г/т		
	200	400	600
A	27,16	30,91	34,64
B	1,09	0,87	0,64
C	0,18	0,605	1,03
D	-0,01	-0,01	-0,01
F	0	0	-0,005
G	-0,003	-0,0055	-0,0079

Полученные коэффициенты математической модели значимы по критерию Стьюдента.

На следующем этапе исследований были изготовлены экспериментальные образцы лечебно-профилактического комбикорма с заданными параметрами влаготепловой обработки. Была определена эффективность этих образцов при профилактике аэромоноза у карпа. Для этого в течение 6 дней было осуществлено кормление годовика карпа, после чего рыбе из опытных и контрольных групп вводили внутривентрально по 0,2-0,3 мл суточной бактериальной суспензии агрессивного штамма *Aeromonas hydrophyla*. После этого осуществляли наблюдение за выживаемостью карпа в течение 7 суток после инъекции.

Результаты выживаемости карпа после кормления комбикормом, изготовленным с применением влаготепловой обработки и без нее с разными дозировками фитобиотика Микс-Ойл, представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Динамика гибели рыб, зараженных *Aeromonas hydrophyla*, в опытных и контрольных группах**

Дозировка Микс-Ойл	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки	6 сутки	7 сутки	% гибели
200 без ВТО	-	1	5	2	4	-	-	93
200 с ВТО	-	3	2	-	1	-	-	60
600 с ВТО	-	1	-	1	-	-	-	20
Контроль без Микс-Ойл	2	6	1	1	-	-	-	100

Развитие клинических признаков аэромоноза (в первую очередь, резко выраженная экзофталмия у 100% особей, ерошение чешуи и гиперемия в грудном отделе туловища) у рыб из контрольной группы началось уже на 1-е сутки. Процесс развивался бурно. Гибель карпа в контрольном аквариуме началась уже в первые сутки. На 2-е сутки погибло 6 экз. карпа, на 3-е и 4-е сутки – еще по 1 экз. При вскрытии в полости тела у погибших рыб выявлен экссудат соломенно-желтого или кровянистого цвета, почки дряблые, мажущейся консистенции. Таким образом, в течение 4 суток произошла стопроцентная гибель рыбы из контрольного аквариума, сопровождающаяся быстрым развитием клинических признаков аэромоноза. Проявление признаков заболевания карпа аэромонозом представлено на рис. 5.



Рис. 5. Вторая опытная группа на пятые сутки после инфицирования:  
 1 – гиперемия в области грудных плавников и пучеглазие; 2 – слабое ерошение чешуи;  
 3 и 4 – кровоизлияние в глаза и пучеглазие; 5 и 6 – пучеглазие и язвы у основания плавника

Анализируя табл. 3, видим, что при дозировке препарата 200 г/т с влаготепловой обработкой смертность карпа на 35 % ниже, чем без нее. Это очевидно, связано с потерей активности фитобиотика Микс-Ойл под воздействием температуры и влаги. При увеличении дозировки препарата до 600 г/т смертность карпа снизилась на 80 % по сравнению с комбикормом без использования фитобиотика.

Таким образом, на основании проведенных исследований было установлено, что фитобиотик Микс-Ойл оказывает профилактическое действие в составе комбикормов при дозировке препарата 600 г/т. Были подобраны оптимальные параметры процесса влаготепловой обработки лечебно-профилактического комбикорма с фитобиотиком: температура комбикорма после ВТО 67 °С при продолжительности процесса 5,8 сек. Было установлено, что при потреблении корма, изготовленного с указанной дозировкой фитобиотика при вышеназванных параметрах ВТО, смертность карпа снижается на 80 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борьба с болезнями рыб – актуальная задача рыбоводства Беларуси / М. М. Радько [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 2 – С. 52–54.
2. Teuber, M. Veterinary use and antibiotic resistance / M. Teuber // Current Opinion Microbiol. – 2001. – № 4. – P. 493–499.
3. Gatesoupe, F. J. The use of probiotics in aquaculture / F. J. Gatesoupe // Aquaculture. – 1999. – 180. – P. 147–165.
4. Sugita, H. The vitamin B 12 – producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish / H. Sugita, C. Miyajima, Y. Deguchi // Aquacul. – 1991. – 92. – P. 267–276.
5. Про- и фитобиотики в кормлении крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6. – С. 225–228.
6. Подобед, Л. И. Фитобиотики – место и роль в системе эффективного кормления животных и птицы: научное издание / Л. И. Подобед // Эффективні корми та годівля. – 2007. – №3. – С. 15-18.
7. Гонтаренко, В. П. Совершенствование технологии производства комбикормов / В. П. Гонтаренко. – Комбикормовая промышленность, 1972. – С. 291.

8. *Вайстих, Г. Я.* Гранулирование кормов / Г.Я. Вайстих, П.М. Дарманьян. – М.: Агропромиздат, 1988. – 143 с.
9. *Кошак, Ж. В.* Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной отрасли / Ж.В. Кошак, А. Э. Кошак. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2015. – 152 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 23.06.2017*

**Zh. V. Koshak, S. M. Degtjaric, A. E. Koshak**

### **INFLUENCE OF WATER-HEAT TREATMENT ON THE EFFICIENCY OF TREATMENT-PROPHYLACTIC MIXED FODDER FOR CARP WITH PHYTOBIOTIC MICS-OIL**

Ecological cleanliness and safety of fish products are directly related to methods of prevention and treatment of bacterial infections of carp fish. The article presents studies on moisture-moisture processing of mixed fodders containing phytobiotic Mix-Oil as an active substance. Optimum parameters of moisture-thermal treatment of the medical-prophylactic mixed fodders at different dosages of the Mics-Oil preparation were obtained and the results on the effectiveness of its use are presented.

Keywords: mixed fodder, fish, carp, fish products, phytobiotics, moisture-heat treatment, processing parameters, aeromonosis prevention, efficiency.

УДК 663.81

*В статье описаны теоретические исследования движения жидкости в гидродинамическом нагревателе, используемом для подготовки и улучшения качества питьевой воды. Установлено, что принцип действия устройства основан на преобразовании механической энергии, подведенной к ротору, в энергию вихревого движения жидкости. Основная диссипация энергии в устройстве происходит в области бокового зазора, а тепловыделение в нем можно усилить за счет увеличения окружной скорости лопастей ротора и расхода жидкости в рабочей полости.*

*Ключевые слова: вода, пастеризация, гидродинамический нагрев, поток, кавитация, нагреватель, ротор.*

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ НАГРЕВ ЖИДКОСТИ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*З. В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор;*

*С. И. Корзан, аспирант*

Водоснабжение населения Беларуси осуществляется в основном из подземных источников, в сутки на одного жителя приходится 214 л воды.

От качества водопроводной воды зависит здоровье каждого человека. Проявление различных аллергических заболеваний, нейродермитов, мочекаменной болезни, воспаления суставов и многих других заболеваний связано с качеством потребляемой воды. Существует множество этапов подготовки и улучшения качества питьевой воды: механическая фильтрация, обессоливание, обезжелезивание, обеззараживание, улучшение органолептических свойств и др. Однако уничтожить вредные компоненты можно только при длительном нагреве под давлением.

Процессы обеззараживания жидкостей нагревом изучаются более 100 лет многими отечественными и зарубежными исследователями, начиная с основателя пастеризации Луи Пастера.

Наиболее интенсивно научные работы велись в области обоснования параметров и режимов работы пастеризаторов косвенного нагрева жидкости, теплоносителем в которых выступает пар или горячая вода.

По данным целого ряда исследователей [1, с. 39], тепловая производительность пастеризатора косвенного нагрева, как и всякого другого теплового аппарата, зависит от площади нагрева  $F$ , коэффициента теплопередачи  $k$  и средней логарифмической разности температур между паром в рубашке и продуктом и характеризуется известной формулой теплопередачи:

$$Q = Fk \cdot \Delta t_{cp} = mc_m (t_k - t_n), \quad (1)$$

где  $m$  – масса нагреваемого продукта, кг;  $c_m$  – удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·°C);  $t_n$  и  $t_k$  – начальная и конечная температура нагрева продукта.

Эффективным устройством для нагрева жидкости являются гидродинамические нагреватели (ГДН). Однако они пока еще не нашли широкого применения, и процесс нагревания жидкости в них мало изучен.

Теории гидродинамического нагрева воды посвящены труды Э. С. Ашуралиева [2]. Рабочий процесс в ГДН жидкости он рассматривает с позиции теории гидродинамических передач, в основу расчета которой положена теория лопастных гидромашин Л. Эйлера [1, с. 41].

Прежде всего исследователь изучил баланс энергии ГДН. Интенсивность нагрева воды в ГДН, по его данным, определяется величиной потерь потребляемой энергии на преодоление сопротивлений в рабочей полости, т.е. явления, считающиеся отрицательными в гидродинамических передачах, в нагревателе представляются положительными.

В гидродинамических машинах и гидропередачах потери энергии делят на четыре вида:

- ♦ гидравлические потери или потери напора;
- ♦ потери на трение рабочих органов аппарата о жидкость;
- ♦ объемные потери из-за утечек жидкости из области высокого давления в область низкого давления;
- ♦ механические потери на трение в приводе.

Наибольший интерес у Э. С. Ашуралиева вызвали гидравлические потери и потери на трение рабочих органов о жидкость. Из них преимущественно образуется тепловыделение в гидродинамическом нагревателе.

Рассматривая уравнение Бернулли для потока, проходящего через нагреватель в сечениях на входе и на выходе из него, он получил уравнение баланса удельной энергии в виде:

$$H_i = \Delta H + \sum h, \quad (2)$$

где  $H_i$  – теоретический напор, создаваемый ротором, м;  $\Delta H$  – разность напоров на выходе и входе в нагреватель, м;  $\sum h$  – суммарные потери напора, м.

После определения составляющих этой формулы и соответствующих преобразований получена зависимость, отражающая преобразование удельной энергии потока в рабочей полости нагревателя:

$$\frac{u_2^2}{g} \mu_p = \frac{k_p Q^2}{2gF_p^2} + \frac{k_c Q^2}{2gF_c^2} + \frac{k_k Q^2}{2gmF_{nk}^2} + \frac{\Phi_{vd}}{2g} \left[ \left( u_{p1} - \frac{Q}{F_{p1}} \right)^2 + (u_2 \cdot \mu_p)^2 \right] + \Delta H, \quad (3)$$

где  $u_1$  и  $u_2$  – окружные скорости ротора на входе и выходе жидкости, м/с;  $F_{p1}$  – площадь сечения канала лопасти на входе в ротор, м<sup>2</sup>;  $F_p$ ,  $F_c$ ,  $F_{nk}$  – средние площади сечений ротора, корпуса и подающего канала, м<sup>2</sup>;  $m$  – число подающих каналов;  $\mu_p$  – коэффициент отклонения потока из-за конечного числа лопаток;  $k_p$ ,  $k_c$ ,  $k_k$  – коэффициенты сопротивления ротора, корпуса и подводящего канала;  $\Phi_{vd}$  – коэффициент потерь на вихреобразование при ударе потока о лопатку ротора.

Данная формула служит для расчета параметров ГДН при известном расходе воды в нем.

Мощность такого нагревателя зависит, в основном, от скорости вращения ротора, его геометрических размеров и расхода жидкости в лопастном канале [2]:

$$N = \frac{\rho g Q_{\text{л}} \omega^2 r_{p2}^2 \mu_p + c_{f1} \rho \omega^3 (r_2^5 - r_1^5) + c_{f\mu} \rho \omega^3 r_2^4 e + c_{f2} \rho \omega^3 (r_{p2}^5 - r_{p1}^5)}{\eta_{\text{мех}}}, \quad (4)$$

где  $r_{p1}$  и  $r_{p2}$  – минимальный и максимальный радиусы ротора по основанию и верхушке лопатки, м;  $r_1$  и  $r_2$  – минимальный и максимальный радиусы кольца трения с боковых сторон ротора, м;  $c_{f1}$ ,  $c_{f\mu}$ ,  $c_{f2}$  – коэффициенты гидравлического сопротивления рабочей полости лопаток, цилиндрической части бокового зазора ротор-корпус и бокового кольца трения в роторе;  $e$  – ширина цилиндрической части зазора, м;  $\eta_{\text{мех}}$  – механический КПД пастеризационной установки;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора, рад/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Анализируя эти зависимости, а также результаты экспериментальных данных, Э.С. Ашуралиев утверждает, что основная диссипация энергии в таком нагревателе происходит в области бокового зазора. Тепловыделение в нем можно увеличить за счет увеличения окружной скорости лопастей ротора и расхода жидкости в рабочей полости [2, 3].

Существенный вклад в исследование процесса пастеризации продукта в установке с ГДН и в совершенствование конструкции нагревателя внесла А.Ю. Краснова [1]. Исследуя ГДН с радиальными ячейками в зазоре между ротором и корпусом, она установила, что потоку продукта в проточной части его характерна критическая скорость перехода от пристенного ламинарного течения к турбулентному в ядре потока, зависящая от вязкости пастеризуемого продукта. Причем чем выше эта вязкость, тем больше критическая скорость и толще пограничный слой. Ею показано, что в худших условиях нагрева в ГДН находятся именно пристенные слои продукта.

На нагрев продукта в пастеризаторе от начальной его температуры  $t_{\text{н}}$  до температуры пастеризации  $t_{\text{п}}$  расходуется следующее количество тепла:

$$Q = G c_m (t_{\text{п}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 - \varepsilon), \quad (5)$$

где  $G$  – секундная подача продукта в пастеризатор, кг/с;  $c_m$  – удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·°С);  $\varepsilon$  – коэффициент регенерации тепла вне ГДН.

Анализ этого выражения показывает, что чем выше коэффициент регенерации, тем меньше требуется тепловая производительность ГДН. Затраты на гидродинамический нагрев уменьшаются, но возрастают затраты на процесс регенерации тепла.

Секундная теплопроизводительность  $Q$  ГДН, по данным А.Ю. Красновой и Э.С. Ашуралиева, в основном зависит от диаметра  $D$  ротора и частоты  $\omega$  его вращения:

$$Q = (b - at) \rho D^5 \omega^3, \quad (6)$$

где  $b$  и  $a$  – константы линеализации коэффициента мощности ГДН в области температур  $t$  (°С) продукта ( $b = 0,01$ ;  $a = 0,00008$ ) [1, с. 60];  $\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Д.А. Лебедько определил величину угловой скорости пастеризованной жидкости [3]:

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{C_1 z B}{\pi \varepsilon r} \cdot \frac{R_1^4 - R_2^4}{R^4}}}, \quad (7)$$

где  $C_1$  – коэффициент, зависящий от формы ячеек;  $z$  – количество ячеек в ГДН;  $B$  – ширина ротора ГДН, м;  $\varepsilon$  – коэффициент сопротивления потоку;  $r$  – радиус ячейки в ГДН, м;  $R$  – внутренний радиус кольца, м;  $R_1$  – наружный радиус ротора ГДН, м;  $R_2$  – радиус впадин проточек по периферии ротора, м.

Для определения степени завершенности процесса пастеризации продукта, как и в работе Г.А. Кука [3, с. 39], А.Ю. Краснова вводит понятие критерия Пастера  $Pa$ , выражающего отношение фактического времени  $T_{\text{ф}}$  воздействия на продукт температуры пастеризации к необходимому времени подавления микрофлоры:

$$Pa = \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{н}}}. \quad (8)$$

При этом доля ГДН в критерии Пастера определена по зависимости:

$$Pa_1 = A \cdot T_{on} \frac{1}{a} \int_{z_1}^{z_2} \frac{e^x dx}{x}, \quad (9)$$

$$\text{где } A = \frac{Mc\eta_m}{\beta_o \rho} e^{-\alpha + \frac{\beta b}{a}};$$

$$z_1 = -\frac{b}{a}(b - a \cdot 60^\circ);$$

$$z_2 = -\frac{b}{a}(b - a \cdot t_n);$$

$\beta_o$  – часть мощности  $\beta = D^5 \omega^3$ , участвующей в нагреве непосредственно в ГДН в пределах температур от  $60^\circ\text{C}$  до  $t_n$ ;  $\eta_m$  – тепловой КПД нагревателя.

В анализируемых работах в области ГДН рассматриваются в основном пастеризационные установки с плоскими дисками и нагревателями с однорядным расположением ячеек, которые не способствует повышению расхода жидкости в ГДН и тем самым тепловыделению в них, о чем свидетельствуют работы по исследованию как гидромуфт [4], так и лопастных гидротормозов [5].

Кроме того, в указанных работах функционирование ГДН происходит в синхронном режиме закрытия и раскрытия всех ячеек ротора, что вносит дисбаланс в рассматриваемую систему и создает условия неравномерности (скачкообразности) в приводе.

Следовательно, повышение эффективности процесса пастеризации продукта в установках с ГДН возможно не только за счет дальнейшего совершенствования конструкции нагревателя, минимизации потерь тепла, но и за счет оптимизации параметров его проточной части. Значительную роль может сыграть сглаживание пиковых нагрузок, связанных с режимом функционирования ячеистых поверхностей ГДН, что требует дальнейшего уточнения процесса их работы при использовании в составе пастеризационных установок.

Схема течения жидкости в проточной части ГДН приведена на рис. 1.

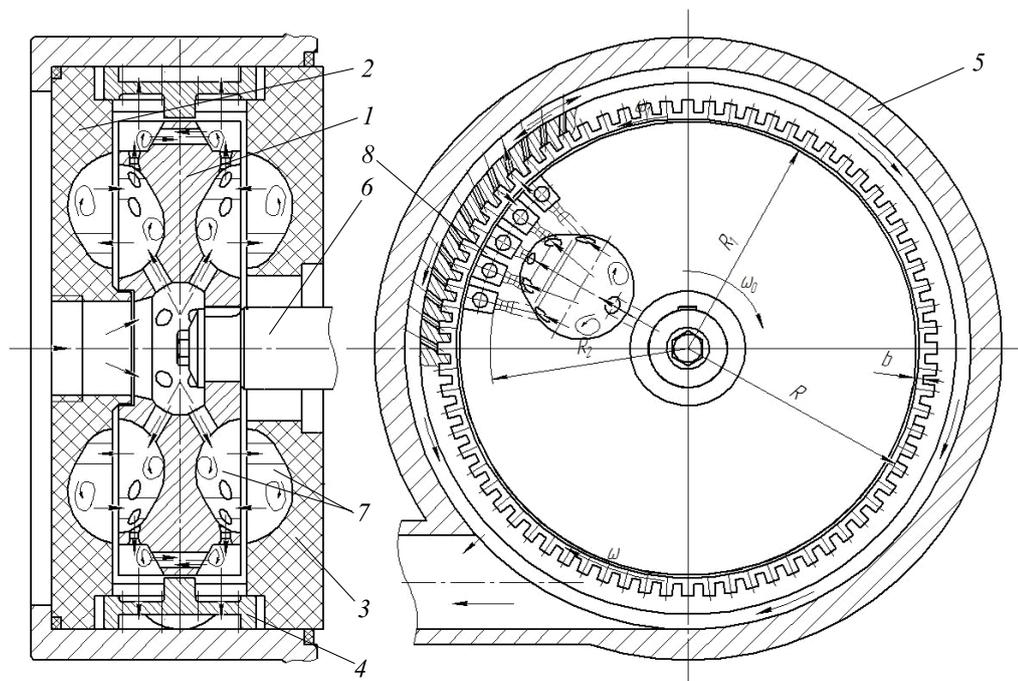


Рис. 1. Схема течения жидкости в проточной части ГДН: 1 – ротор; 2 – крышка передняя; 3 – крышка задняя; 4 – кольцо; 5 – корпус; 6 – вал; 7 – ячейка; 8 – лопасть

Предложенное нами пастеризационное устройство (рис. 1) содержит ротор 1 с ячейками 7 и лопастями 8, неподвижные крышки 2 и 3 с аналогичными ячейками 7 и кольцо 4. Ротор 1 закреплен на валу 6, крышки 2 и 3 зафиксированы в корпусе 5. При вращении ротора толщина слоя жидкости в проточной части меняется от минимальной, соответствующей указанному зазору, до максимальной, включающей дополнительно глубины ячеек крышек и ротора при совпадении этих ячеек.

Исследования движения потока жидкости через прозрачную крышку ГДН показали, что в канале по типу одновременно существует как профильная (у твердых стенок канала), так и срывающаяся кавитация (в вихрях за обтекаемой поверхностью лопаток ротора и корпуса). Форма кавитации – пузырьковая, реже пленочная [3].

Характерной кавитационной устойчивости ГДН может служить безразмерный критерий – число кавитации, используемое в насосном оборудовании [2]:

$$\sigma = 2 \frac{p_3 - p_{\text{нп}}}{\rho v^2}, \quad (10)$$

где  $p_3$  – статическое давление жидкости в критической точке, Па;  $p_{\text{нп}}$  – давление насыщенных паров продукта при его пастеризации, Па;  $v$  – относительная скорость жидкости в данной точке, м/с.

Кавитационный запас давления в ГДН определяется по зависимости [6]:

$$\Delta p = p_{\text{вх}} - \frac{c_p^2 v}{2g} - \frac{p_{\text{нп}}}{\rho g}, \quad (11)$$

где  $p_{\text{вх}}$  – давление продукта на входе в ГДН, Па;  $c_p$  – теплоемкость продукта, Дж/(кг·°С);  $v$  – скорость продукта, м/с.

Ротор ГДН вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega_0$  с приводом от электродвигателя. Пастеризуемая жидкость в нем также приобретает усредненную угловую скорость  $\omega$ , но меньшую чем угловая скорость ротора  $\omega_0$ . Тогда относительная скорость жидкости  $\omega_1$  (по отношению к скорости ротора) будет:

$$\omega_1 = \omega_0 - \omega. \quad (12)$$

Угловая скорость  $\omega$  жидкости при пастеризации вызывает центробежную силу, действующую на внутреннюю поверхность кольца:

$$F = mR\omega^2, \quad (13)$$

где  $m$  – масса пастеризуемой жидкости в проточной части ГДН, кг;  $R$  – внутренний радиус кольца, м.

Объем проточной части ГДН складывается из объема кольцевого зазора  $b$  и объема ячеек ротора и крышек:

$$V = V_3 + V_{\text{я}} = \pi(R^2 - R_1^2) \cdot B + \pi r^2 \cdot B \cdot n = \pi b \cdot B + \pi r^2 \cdot B \cdot n, \quad (14)$$

где  $R_1$  – наружный радиус ротора, м;  $B$  – ширина ротора ГДН, м;  $r$  – радиус ячейки в ГДН, м;  $n$  – количество ячеек в ГДН.

Тогда масса пастеризуемой жидкости в проточной части ГДН составит

$$m = V \cdot \gamma = \left[ \pi(R^2 - R_1^2) \cdot B + \pi r^2 \cdot B \cdot n \right] \gamma, \quad (15)$$

где  $\gamma$  – удельный вес жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

На рис. 2 приведена зависимость влияния температуры нагреваемого продукта  $t$  на нагреваемый объем жидкости  $V$ .

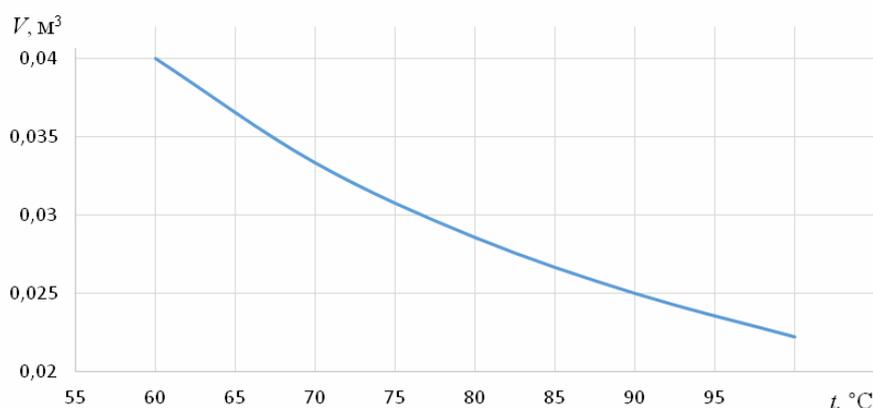


Рис. 2. Влияние температуры нагреваемого продукта  $t$  на нагреваемый объем жидкости  $V$

Из графика (рис. 2) видно, что при повышении температуры нагреваемого продукта, занимаемый этим продуктом объем уменьшается.

По этим данным при вращении ротора давление пастеризуемой жидкости на внутренние стенки кольца будет:

$$p = \frac{m}{F} = \frac{[\pi(R^2 - R_1^2) \cdot B + \pi r^2 \cdot B \cdot n] \gamma \cdot R \cdot \omega^2}{\pi R B} = (R^2 - R_1^2 + r^2 \cdot n) \gamma \cdot \omega^2, \quad (16)$$

где  $F$  – площадь внутренней расточки кольца под ротор, м<sup>2</sup>.

Это давление вызывает силу трения жидкости о поверхность кольца, величина которой в расчете на 1 м<sup>2</sup> поверхности его может быть определена по формуле, предложенной Г. А. Куком [7]:

$$\tau_0 = \varepsilon \rho \frac{\omega^2}{8}, \quad (17)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент сопротивления потоку;  $\rho$  – плотность жидкости,  $\rho = \gamma / g$ , кг/м<sup>3</sup>;

На рис. 3 и 4 приведены зависимости давления жидкости в ГДН от угловой скорости вращения ротора и температуры продукта на выходе из ГДН.

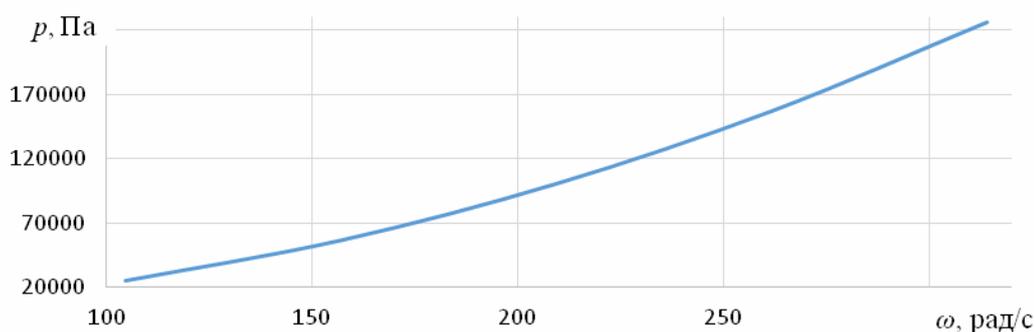


Рис. 3. Изменение давления жидкости в ГДН от угловой скорости вращения ротора

Теоретически обоснованные зависимости взаимосвязи давления от угловой скорости вращения ротора и температуры продукта на выходе из ГДН изменяются по параболическим зависимостям. По данным графикам можно определить создаваемое давление внутри ГДН в зависимости от угловой скорости вращения ротора, температуры продукта на выходе из ГДН и производительности ГДН. К примеру, при установленной температуре продукта на выходе из ГДН 75 °С, в зависимости от производительности  $Q = 1500 - 2500$  м<sup>3</sup>/ч, давление в ГДН будет соответственно  $p_{1500} = 4825,9$  Па,  $p_{2000} = 6434,6$  Па,  $p_{2500} = 8043,2$  Па (рис. 4).

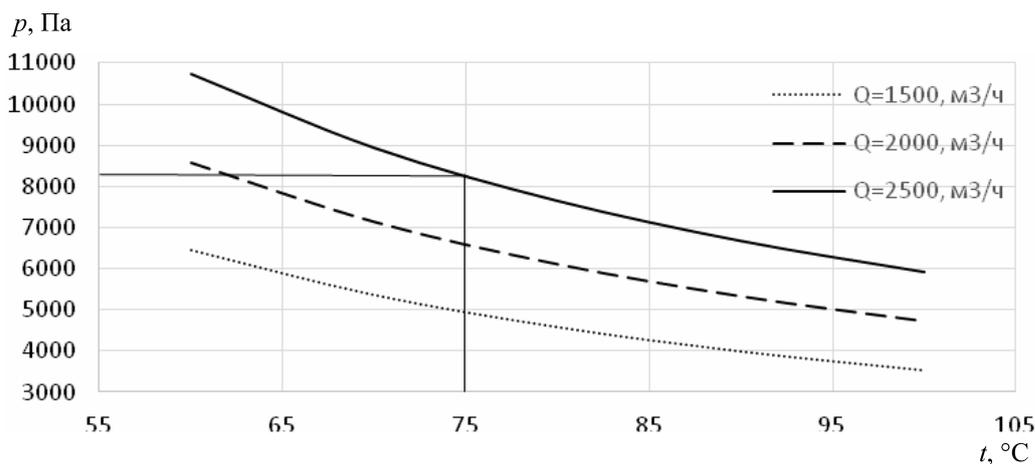


Рис. 4. Влияние температуры продукта на выходе из ГДН на параметры давления жидкости

В действительности течение пастеризуемой жидкости в ГДН носит сложный характер: в моменты смыкания ячеек ротора и статора давление в них скачком повышается, возникают кольцевые вихри в слоях жидкости, а при раскрытии ячеек поток ускоряется [3]. Все это приводит к интенсивному трению слоев жидкости между собой и о стенки ГДН, что обеспечивает нагрев её до температуры пастеризации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Краснова, А. Ю. Совершенствование процесса пастеризации молока в установке с гидродинамическим нагревателем : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А. Ю. Краснова. — зерноград, 2008. — 185 с.
2. Ашуралиев, Э. С. Обоснование параметров и повышение эффективности функционирования гидродинамического нагревателя жидкости сельскохозяйственного назначения : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Э. С. Ашуралиев. — Ростов-на-Дону, 2002. — 165 с.
3. Лебедько, Д. А. Обоснование процесса работы и параметров установки для пастеризации молока гидродинамическим воздействием в условиях АПК : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Д. А. Лебедько. — зерноград, 2017. — 167 с.
4. Гидравлический привод / Б. А. Гавриленко [и др.]. — М.: Машиностроение, 1968. — 503 с.
5. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы: Учеб. пособ для машиностроительных вузов / Т. М. Башта [и др.]. — М., Машиностроение, 1982. — 423 с.
6. Устройство для нагрева жидкости : пат. 1324620 СССР : МКИ А23С3/033 / В. Е. Заушицин, В. И. Фомин, Ю. А. Фаянс, Г. И. Проценко, Л. Н. Кривцов, М. И. Мучник; дата публ.: 23.07.87.
7. Кук, Г. А. Пастеризация молока / Г. А. Кук. — М.: Пищепромиздат, 1951. — 239 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 23.06.2017*

**Z. V. Lovkis, S. I. Korzan**

## HYDRODYNAMIC HEATING OF LIQUID

The article describes theoretical studies of fluid motion in a hydrodynamic heater used to prepare and improve the quality of drinking water. Established: the principle of the device is based on the conversion of mechanical energy, supplied to the rotor, into the energy of the vortex motion of the liquid. The basic dissipation of energy in the device takes place in the region of the side gap, and the heat release in it can be increased by increasing the circumferential speed of the rotor blades and the flow of liquid in the working cavity.

Keywords: water, pasteurization, hydrodynamic heating, flow, cavitation, heater, rotor.

*Представлена современная классификация теории чисел, на основе геометрической теории чисел построены математические модели перфорированного сепаратора узла отжаривания, кольцевого зазора между коническим шнеком и запирающим конусом, расположения отверстий на поверхности сепаратора с учетом угла наклона ребер шнека нагнетающего типа.*

*Ключевые слова:* теория чисел, геометрическая теория чисел, математическая модель, обвалочный пресс, механическая обвалка мяса, перфорированный сепаратор, шнек.

## **ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ В КОНСТРУКЦИЯХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПРЕССОВ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБВАЛКИ МЯСНОГО СЫРЬЯ**

**УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь**

*В. Я. Груданов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции;*

*А. А. Бренч, кандидат технических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета;*

*И. Е. Дацук, старший преподаватель кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции*

Важная роль в обеспечении населения полноценными продуктами питания принадлежит птицеперерабатывающей промышленности, как наиболее эффективной отрасли животноводства, развивающейся быстрыми темпами. В процессе промышленной переработки мяса птицы при расчленении тушек наряду с наиболее ценными частями получают и части со значительно меньшим содержанием мышечной ткани – это каркасы, крылья, шеи и т.д. Отделение мясной фракции последних целесообразно проводить механизированным способом, который заключается в размельчении исходного сырья и последующем отделении кости, соединительной ткани и сухожилий путем пропускания размельченного сырья через «сито» под высоким давлением.

Следует отметить, что, несмотря на существование устройств различных типов, процесс отделения мяса от кости не является совершенным, характеризуется высокими энергозатратами на выработку продукции и металлоемкостью оборудования. Таким образом, актуальной является разработка новой концепция в подходах и принципах конструирования энергосберегающих, малоинерционных и компактных технологических машин и аппаратов, для создания которой мы предлагаем использовать такие фундаментальные законы природы, как принцип «золотой» пропорции и закономерности теории чисел. При этом достигаются наилучшие массовые, габаритные и энергетические характеристики. Здесь же открываются широкие возможности для унификации и стандартизации узлов и деталей при их высокой компактности и интегрирования вновь создаваемого оборудования в мировую систему конструирования новой техники.

**Предварительные сведения. Предмет теории чисел.** Существует несколько определений понятия «теория чисел». Одно из них гласит, что это специальный раздел математики (или высшей арифметики), которая подробно изучает целые числа и объекты, сходные с ними. Основной объект теории чисел – натуральные числа. Главное их свойство, которое рассматривает теория чисел – это делимость. Первый круг задач теории чисел – разложение чисел на множители [1].

Самыми заметными лицами в разработке теории считаются пифагорейцы Евклид и Диофант, жившие в Средние века индийцы Ариабхата, Брахмагупта и Бхаскары. Наибольший след в развитии теории чисел оставили весьма значительные для этой эпохи работы Леонардо Пизанско-

го (Фибоначчи) и работы Региомонтин (1436-1476), который нашел труды Диофанта и впервые в Европе стал систематически их изучать. Большое влияние на дальнейшее развитие теории чисел оказали и работы А. Лежандра (1752-1833) по теории неопределенных уравнений высших степеней [1]. Однако основное развитие теория чисел получила в трудах Л. Эйлера (1707-1783), Ферма (1601-1665), Лагранжа (1735-1813), К. Гаусса (1777-1856), Э. Ландау, Г. Бора, Г. Манна, Н.П. Романова, Н.Г. Чудакова, И.М. Виноградова и др.

В начале XX века теория чисел привлекла внимание таких математиков, как А.Н. Коркин, Е.И. Золотарев, А.А. Марков, Б.Н. Делоне, Д.К. Фадеев, И.М. Виноградов, Г. Вейль, А. Сельберг. Разрабатывая и углубляя выкладки и исследования древних ученых, они вывели теорию на новый, значительно более высокий уровень, охватывающий множество областей. Дальнейшее развитие теория чисел уже получила в наше время благодаря научным трудам Сороко Э.М., Груданова В.Я., Ивануса А.И., Воробьева Н.Н., Васютинского Н.А., Вайтеховича П.Е., Корбалана Ф. и др. Ряд вопросов теории чисел находят себе применение на практике, например, в теории телефонных сетей (кабелей), в кристаллографии, при решении некоторых задач теории приближенных вычислений и т.д.

Современные направления в теории чисел представлены на рис. 1.

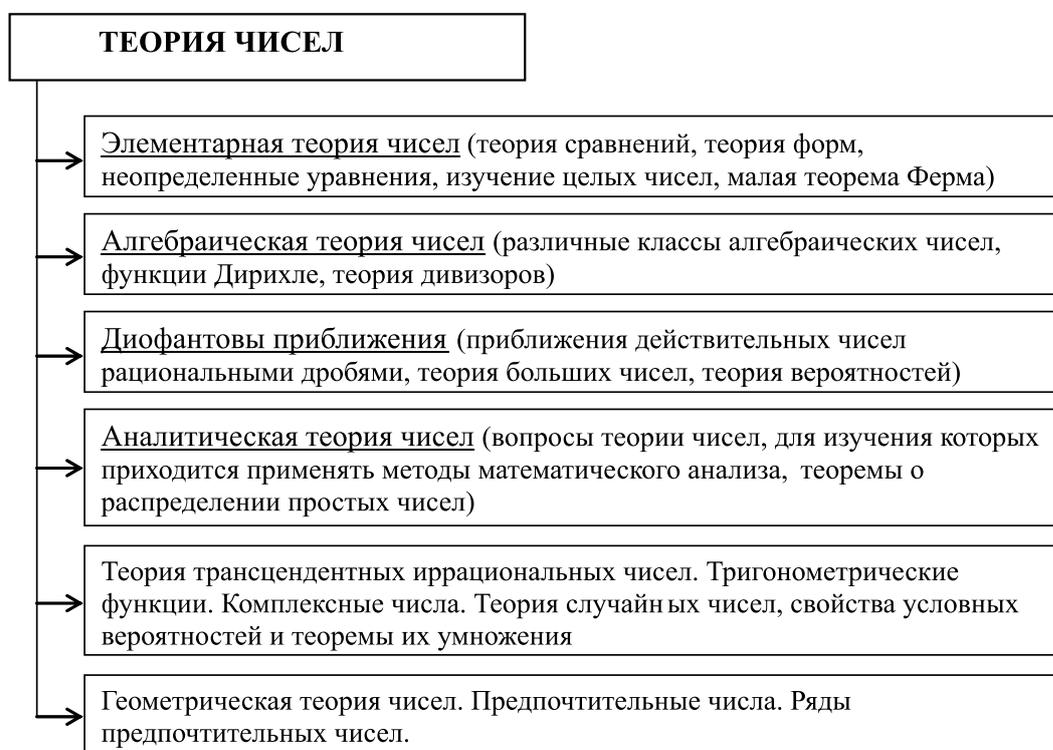


Рис. 1. Современные направления в развитии теории чисел

Для современной теории чисел характерно применение весьма разнообразных методов исследований. Особый интерес для наших исследований представляет геометрическая теория чисел и создание на ее основе системы рядов предпочтительных чисел. Покажем применение геометрической теории чисел конкретно в конструкциях рабочих органов обвалочных прессов.

**Предпочтительные числа. Ряды предпочтительных чисел.** Предпочтительные числа – это тщательно и научно подобранные цифровые величины, которыми рекомендуются пользоваться при конструировании вновь создаваемых технических объектов и устройств. Предпочтительные числа устанавливают взаимосвязь в параметрах деталей и узлов, размеры продукции и сооружений, мощность, грузоподъемность, массовые характеристики, геометрические размеры и т.п. [2].

В результате научных исследований нами установлена неизвестная ранее теоретическая взаимосвязь между основными рядами предпочтительных чисел, «золотой» пропорцией и числами ряда Фибоначчи, заключающаяся в том, что значение знаменателей геометрических прогрессий основных рядов определяются по формуле:

$$q_n = \sqrt[n]{\Phi}, \quad (1)$$

где  $q_n$  – значение знаменателя геометрической прогрессии  $n$ -го основного ряда предпочтительных чисел;  $\Phi = 1,618\dots$  – значение «золотой» пропорции (сечения);  $n$  – целые числа 1, 2, 4, 8 и 16.

При использовании формулы  $q_n = \sqrt[n]{\Phi}$  мы получаем новый ряд предпочтительных чисел: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610 и т.д., т.е. получаем последовательность Фибоначчи, из которой и получается значение «золотого» сечения:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = 1,618\dots = \Phi. \quad (2)$$

Для практических расчетов приближенное значение  $\Phi$  с точностью до пяти десятичных знаков после запятой вполне достаточно, т.е.  $\Phi = 1,61803$ . Отметим, что  $(\Phi)^2 = 2,618$ ;  $\sqrt{\Phi} = 1,272$ ;  $\sqrt[4]{\Phi} = 1,128$  и т.д.

**Оптимизация конструкций. Построение математических моделей.** При ручном и машинном выделении кускового мяса часть мышечной ткани (35...40% от массы костей) остается на костях, которые необходимо направлять для дальнейшего извлечения съедобной части на устройствах объемного сжатия, наибольшее распространение среди которых получили обвалочные прессы со шнековым узлом отжатия. В таких прессах процесс обвалки происходит непрерывно, в потоке, «тонким слоем», при давлении до 30 МПа. Рабочими органами являются: шнек, сепарирующая гильза и запорный конус.

На рис. 2 представлена принципиально-конструктивная схема шнекового устройства для отделения мяса от кости.

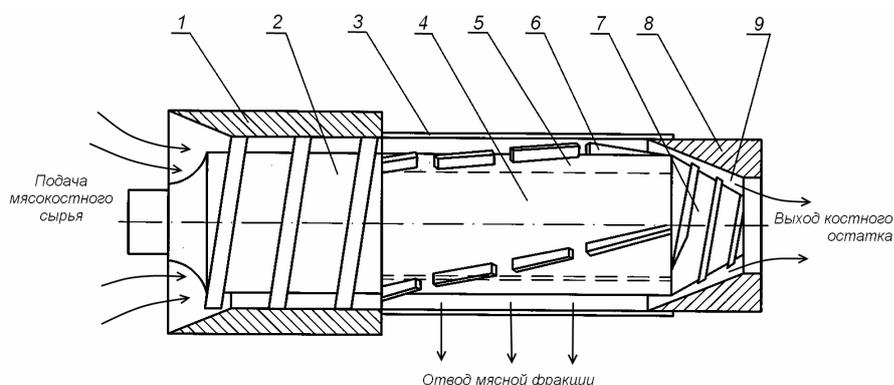


Рис. 2. Принципиально-конструктивная схема устройства для отделения мяса от кости:  
1 – насадок; 2 – шнек транспортирующий; 3 – кожух перфорированный; 4 – цапфа; 5 – рабочий орган для продавливания сырья; 6 – рейки ножевые; 7 – шнек конический; 8 – конусный клапан; 9 – зазор кольцевой

**Первая модель. Определение.** Суммарная пропускная способность перфорированного сепаратора и сепарирующего узла отжатия равна производительности шнека при соотношении мяса к кости равному  $\Phi=1,618$  и постоянном проходном сечении конусного кольцевого зазора по всей его длине.

**Доказательство.** При эксплуатации прессов, как показывает опыт, существует ряд недостатков: значительное потребление электрической энергии; низкое качество перерабатываемого сырья, недостаточная эксплуатационная надежность. В конструкции рабочих органов данных машин не рассматриваются особенности отдельных деталей сепарирующего узла в зависимости от вида мясного сырья, при этом основные геометрические параметры перфорированного

сепаратора и узла отжатия определяются исходя из производительности шнека с использованием свойств «золотой» пропорции.

Эти факторы не позволяют увязать пропускные способности перфорированного сепаратора и сепарирующего узла (узла отжатия) с производительностью шнека. Поэтому для устранения данного недостатка предлагаем выполнить рабочие органы таким образом, чтобы суммарная площадь живого сечения сепаратора ( $F_{\text{сеп}}$ ) и кольцевого зазора ( $F_{\text{к.з.}}$ ) узла отжатия была равна площади поперечного сечения канавки шнека в последнем витке.

$$\frac{F_{\text{сеп}}}{F_{\text{к.з.}}} = \frac{\text{мясо}}{\text{кость}} = 1,618. \quad (3)$$

Откуда  $F_{\text{к.з.}} = \frac{F_{\text{сеп}}}{1,618}$ , но, в свою очередь,  $F_{\text{сеп}} = F_{\text{шн}} - F_{\text{к.з.}}$ .

$$\text{Тогда} \quad F_{\text{шн}} = F_{\text{сеп}} + F_{\text{к.з.}} = F_{\text{сеп}} + \frac{F_{\text{сеп}}}{1,618} = F_{\text{сеп}} + 0,618 \cdot F_{\text{сеп}} = 1,618 \cdot F_{\text{сеп}}. \quad (4)$$

$$\text{Следовательно} \quad F_{\text{сеп}} = \frac{F_{\text{шн}}}{1,618}, \quad (5)$$

где  $F_{\text{сеп}}$  – площадь живого сечения сепаратора, м<sup>2</sup>;  $F_{\text{шн}}$  – площадь поперечного сечения канавки шнека в последнем витке, м<sup>2</sup>; 1,618 – коэффициент пропорциональности, учитывающий отношение мяса к кости [3].

Коэффициент пропорциональности 1,618, учитывающий среднее отношение мяса к кости различных видов птицы, позволяет рассчитать площадь живого сечения сепаратора и площадь кольцевого зазора узла отжатия так, чтобы поток сырья, поступающий из шнека, делился на два неодинаковых потока в соответствии с коэффициентом 1,618. Один поток – это мясная составляющая сырья, а другой – костная составляющая, причем мясная составляющая выводится из машины через перфорацию сепаратора, а костная – через кольцевой зазор узла отжатия. Это позволит обеспечить одинаковое гидравлическое сопротивление по ходу движения обрабатываемого сырья, даст возможность стабилизировать движение продукта, устранив нежелательное дополнительное уплотнение и сжатие обрабатываемого сырья, что повысит эксплуатационную надежность рабочих органов пресса, качество получаемой продукции при максимальной производительности и минимальных энергозатратах [4,5].

Особое внимание следует уделять конструкции узла отжатия, служащего для отвода костной составляющей мясного сырья. Уменьшение размера проходного сечения кольцевого зазора между коническим шнеком и цилиндром с конической внутренней поверхностью по ходу движения костной составляющей сырья может привести к увеличению сопротивления движению продукта, снижению качества отделения мяса от кости и вследствие этого - снижению эффективности работы устройства (рис. 3).

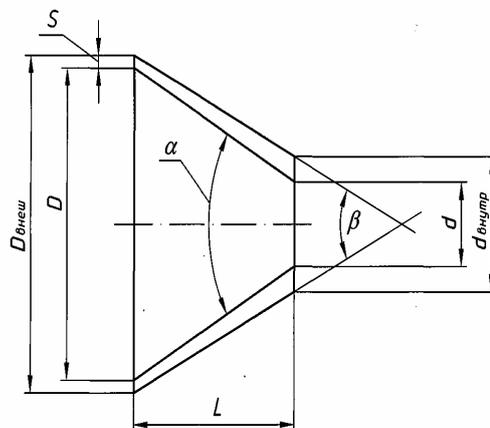


Рис. 3. Расчетная схема кольцевого зазора

Для обеспечения равенства проходного сечения кольцевого зазора по всей его длине необходимо, чтобы

$$d_{\text{внутр.}}^2 - d^2 = D_{\text{внешн.}}^2 - D^2, \quad (6)$$

где  $d$  – наименьший диаметр конической части шнека;  $d_{\text{внутр.}}$  – наименьший диаметр конической части цилиндра;  $D$  – наибольший диаметр конической части шнека;  $D_{\text{внешн.}}$  – наибольший диаметр конической части цилиндра.

Длина узла отжатия определяется по следующей формуле

$$L = \frac{D_{\text{внешн.}} - d_{\text{внутр.}}}{2 \cdot \text{tg} \frac{\beta}{2}} = \frac{D - d}{2 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad (7)$$

где  $\alpha$  – угол при вершине конуса конического шнека;  $\beta$  – угол при вершине конуса конического цилиндра.

Угол  $\alpha$  отсюда

$$\alpha = 2 \cdot \text{arctg} \frac{(D - d) \cdot \text{tg} \frac{\beta}{2}}{D_{\text{внешн.}} - d_{\text{внутр.}}}. \quad (8)$$

В диапазоне кольцевого зазора  $S = 2 \dots 6$  мм и угла  $\beta = 40 \dots 80^\circ$  необходимо, чтобы

$$\alpha > \beta(1 + 0,1 \cdot S), \quad (9)$$

где  $S$  – начальный кольцевой зазор.

В этом случае проходное сечение зазора не уменьшается по ходу движения продукта.

Выполнение кольцевого зазора между коническим шнеком и цилиндром с конической внутренней поверхностью таким образом, чтобы угол при вершине конуса конического шнека определялся по приведенной выше зависимости, позволит потоку костной составляющей сырья, поступающему в кольцевой зазор, равномерно перемещаться по нему без дополнительного сопротивления, связанного с уменьшением проходного сечения кольцевого зазора.

**Вторая модель. Определение.** Рабочая поверхность перфорированного сепаратора разделена условно по длине на ряд зон, геометрические параметры которых взаимосвязаны с конструктивными особенностями винтовой канавки шнека [6].

**Доказательство.** В конструкциях серийных прессов не учитывается изменение количества мясной фракции по ходу движения сырья в нагнетающем шнеке, отверстия равномерно расположены по всей длине цилиндрической рабочей поверхности перфорированного сепаратора, что приводит к неэффективному использованию площади поперечного сечения отверстий перфорации, вероятности нежелательного дополнительного попадания костного остатка в мясную фракцию.

Рабочую поверхность сепаратора мы условно разделили по длине на ряд зон (рис. 4).

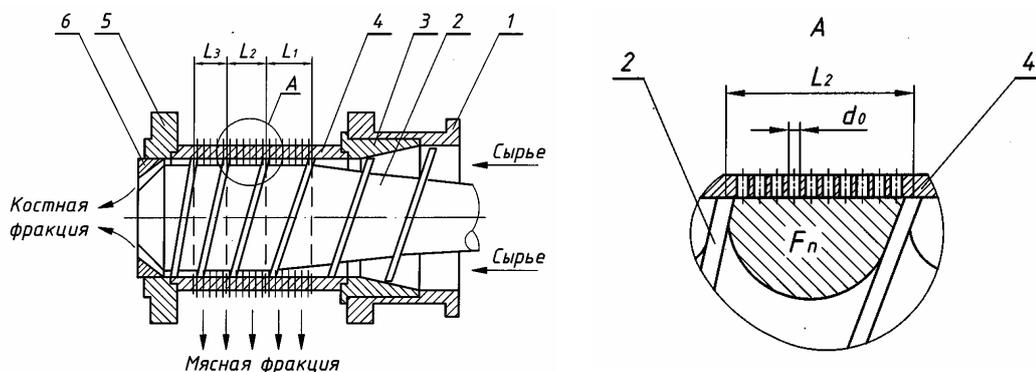


Рис. 4. Узел сепарации пресса: 1 – стакан; 2 – нагнетающий шнек; 3 – дефлектор; 4 – перфорированный сепаратор; 5 – корпус; 6 – запирающий клапан

Сырье поступает в стакан 1, захватывается нагнетающим шнеком 2, дополнительно уплотняется в конической части дефлектора 3 и подается к первой зоне ( $L_1$ ) перфорированного сепаратора 4 с количеством отверстий  $Z_1$ . Часть мясной фракции продавливается через отверстия перфорированного сепаратора, а оставшая подается в следующую зону ( $L_2$ ) с количеством отверстий  $Z_2$  и т.д.

Количество отверстий в каждой зоне перфорированного сепаратора:

$$Z_n = \frac{4 \cdot F_{\text{сеп}}}{\pi \cdot d_o^2}. \quad (10)$$

Но, так как  $\frac{4}{\pi} = \sqrt{\Phi}$ , тогда  $Z_n = \sqrt{\Phi} \frac{F_{\text{сеп}}}{d_o^2}$ , (11)

где  $Z_n$  – количество отверстий перфорации а  $n$ -ой зоне, шт.;  $\Phi = 1,618$  – значение «золотой» пропорции;  $F_{\text{сеп}}$  – площадь поперечного сечения отверстий  $n$ -ой зоны сепаратора;  $d_o$  – диаметр отверстий перфорации сепаратора.

Площадь нормального сечения винтовой канавки шнека под рабочей зоной сепаратора определяется по следующей формуле:

$$F_{\text{шн}} = \sum F_{\text{сеп}} + F_{\text{к.з.}}, \quad (12)$$

где  $F_{\text{к.з.}}$  – площадь кольцевого зазора;  $\sum F_{\text{сеп}}$  – площадь поперечного сечения всех отверстий сепаратора.

В данной формуле  $F_{\text{шн}}$  – площадь нормального сечения винтовой канавки шнека;  $F_{\text{к.з.}}$  – площадь кольцевого зазора;  $\sum_{n=1}^m F_n$  – площадь поперечного сечения  $n$ -ой зоны сепаратора;  $k$  – коэффициент, учитывающий среднее отношение кости к мясу в тушках различных видов птицы;  $m$  – количество зон перфорированного сепаратора.

$$\sum_{n=1}^m F_{\text{сеп}} = F_{\text{шн}} - F_{\text{к.з.}} = \sum_{n=1}^m F_n - \frac{k \cdot \sum_{n=1}^m F_n}{m}, \quad (13)$$

где  $F_n$  – площадь нормального сечения  $n$ -ой винтовой канавки шнека;  $k$  – коэффициент, учитывающий среднее отношение кости к мясу в тушках различных видов птицы;  $m$  – количество зон перфорированного сепаратора.

Костная составляющая

$$\frac{k \cdot \sum_{n=1}^m F_n}{m}$$

будет постоянна в каждом витке шнека.

Тогда площадь поперечного сечения отверстий  $n$ -ой зоны сепаратора

$$Z_n = \frac{4 \cdot F_{\text{сеп}}}{\pi \cdot d_o^2} = \frac{\sqrt{\Phi}}{d_o^2} \cdot \left( F_n - \frac{k \cdot \sum_{n=1}^m F_n}{m} \right). \quad (14)$$

**Третья модель. Определение.** Отверстия перфорированного сепаратора расположены наклонно к его цилиндрической поверхности и перпендикулярно ребрам винтовой канавки шнека [7].

**Доказательство.** В серийно выпускаемых прессах не учитывается направление движения мясной фракции, подаваемой нагнетающим шнеком в отверстия сепаратора. Отверстия расположены радиально к продольной оси сепаратора по всей его цилиндрической рабочей поверхности, что приводит к дополнительному сжатию и сдавливанию продукта, снижению качества отделения мяса от кости.

Выполнение отверстий перфорированного сепаратора с осями, расположенными наклонно к его цилиндрической рабочей поверхности (рис. 5) и перпендикулярно ребрам нагнетающего шнека позволяет увязать силу нормального давления  $N$ , создаваемую ребрами шнека и определяющую направление движения мясной фракции, с углом наклона осей отверстий сепаратора. Угол наклона осей отверстий уменьшается по ходу движения продукта и определяется по формуле:

$$\beta_i = 90 - \alpha_i,$$

где  $\beta_i$  – угол наклона оси отверстия;  $\alpha_i$  – угол наклона ребра нагнетающего шнека.

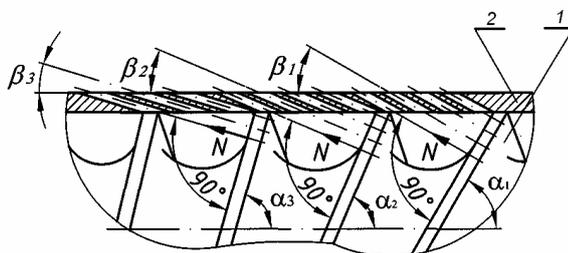


Рис. 5. Схема расположения отверстий перфорации сепаратора:  
1 – шнек; 2 – сепаратор;  $\alpha$  – угол наклона ребер шнека;  $\beta$  – угол наклона отверстий

Угол наклона ребер шнека увеличивается по ходу движения продукта, т.е.  $\alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1$ . Соответственно угол наклона осей отверстий уменьшается, т.е.  $\beta_3 < \beta_2 < \beta_1$ . В этом случае сила  $N$  нормального давления на продукт поверхности ребра нагнетающего шнека совпадает с осями отверстий перфорации сепаратора и напрямую, без дополнительных сопротивлений, проталкивает мясную фракцию через отверстия, что и необходимо для эффективной работы пресса.

Особенности конструкции сепаратора:

- ♦ выполнение отверстий перфорации сепаратора наклонно к его цилиндрической рабочей поверхности и перпендикулярно к поверхности вала шнека приводит к снижению сопротивления при продавливании мясной фракции через отверстия сепаратора, при этом качество мясной отделенной части повышается, вследствие чего увеличивается эффективность работы обвалочного пресса в целом (согласно патенту на изобретение РБ №15328);
- ♦ разделение рабочей поверхности перфорированного сепаратора по длине на условные зоны и выполнение определенного количества отверстий в каждой из этих зон в зависимости от коэффициента уплотнения позволяет равномерно и последовательно продавливать мясную фракцию через отверстия каждой зоны, что приводит к повышению качества отделения мяса от кости (согласно патенту на изобретение РБ №8776).

**Практическое использование.** Разработанные математические модели были применены при изготовлении опытных образцов рабочих органов обвалочного пресса, общий вид которых представлен на рис. 6.

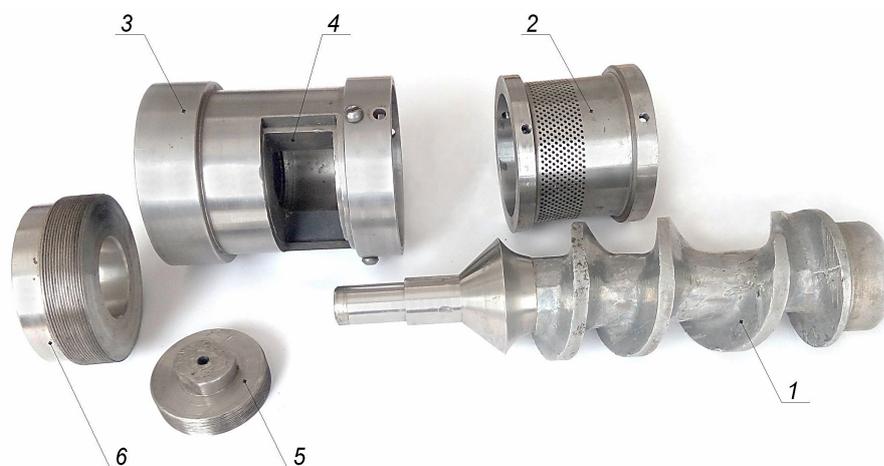


Рис. 6. Внешний вид узла сепаратора в разобранном виде: 1 – шнек нагнетающего типа; 2 – перфорированная втулка (сепаратор); 3 – опорный корпус; 4 – запирающий конус (клапан); 5, 6 – винты регулировки кольцевого зазора

На основе, проведенных лабораторных испытаний изготовлены образцы сепаратора для серийно выпускаемого пресса LIMA RM 600 (Франция), которые прошли производственные испытания в колбасном цеху ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» (Минская область, Республика Беларусь), при этом были получены следующие результаты:

- ♦ уменьшение содержания костного остатка в мясной фракции;
- ♦ снижение температуры мясной отделенной части на 3...5 °С;
- ♦ уменьшение энергоемкости процесса разделения мясокостного сырья до 5%.

Таким образом, применение геометрической теории чисел при конструировании рабочих органов данного технологического оборудования создает единую, гармоничную и взаимосвязанную систему, все составляющие которой работают на конечную цель – высококачественную обработку сырья при максимальной производительности и минимальных энергозатратах. Изготовление рабочих органов механических прессов для обвалки мясного сырья по вышеприведенным моделям позволяет обеспечить одинаковое гидравлическое сопротивление по ходу движения сырья, дает возможность стабилизировать движение продукта, устраняет нежелательное дополнительное уплотнение и сжатие обрабатываемого сырья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бухштаб, А. А.* Теория чисел. Издание второе, исправленное. – Москва: Издательство «Промсвещение», 1966. – С. 384.
2. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел: ГОСТ 8032-84. – Взамен ГОСТ 8032-56. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 17с.
3. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания всех форм собственности. – Минск: «Белорусская ассоциация кулинаров», 1996. – С. 455–456.
4. *Наварай, А. К.* Пути совершенствования рабочих органов прессов для механической обвалки мясного сырья / А. К. Наварай // Сборник научных трудов. К 30-летию кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» МГУП; редкол. В.Я. Груданов и др. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2004. – С. 70–73.
5. Устройство для отделения мяса от кости птицы: пат. № 8343, Республика Беларусь, МПК А22 С17/04 / В.Я. Груданов, А.К. Наварай, А.А. Бренч; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. – № 20030855; заявл. 05.09.2003, опубл. 20.04.2006.
6. Пресс для механической обвалки мяса птицы: пат. № 8777, Республика Беларусь, МПК А22 С/04 / В.Я. Груданов, А.К. Наварай, А.А. Бренч; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. – № 20040057; заявл. 30.01.2004, опубл. 21.09.2006.
7. Пресс для механической обвалки мяса птицы: пат. № 8776, Республика Беларусь, МПК А22С17/04 / В.Я. Груданов, А.К. Наварай, Л.Т. Ткачева; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. – № 20031245; заявл. 30.12.2003, опубл. 21.09.2006.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 04.04.2017*

**V. Y. Grudanov, A. A. Brench, I. Y. Datsuk**

### THE THEORY OF NUMBERS IN DESIGNS OF WORKING BODIES OF PRESSES FOR MECHANICAL DREAMING OF MEAT RAW MATERIALS

The modern classification of number theory is presented, on the basis of the geometric theory of numbers, mathematical models of a perforated separator of a squeezing unit, an annular gap between a conical screw and a locking cone, and the location of the holes on the surface of the separator are constructed taking into account the angle of inclination of the ribs of the screw of the pumping type.

Keywords: number theory, geometric number theory, mathematical model, bailing press, mechanical meat boning, perforated separator, screw.

*В статье приведены результаты изучения потребительских предпочтений рыбных продуктов в Республике Беларусь, установлены основные критерии их выбора. Выявлены вкусовые предпочтения потребителей для создания «идеального профиля» рыбного продукта. Полученные данные исследования будут использованы для создания функциональных продуктов из рыбы.*

*Ключевые слова:* рыба, рыбные продукты, потребительские предпочтения, анкетирование, органолептические характеристики.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*И. М. Почицкая, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания;*

*Н. В. Комарова, кандидат технических наук, заведующий лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания;*

*Е. С. Красовская, руководитель группы ГМО – научный сотрудник лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания*

Рыба и продукты ее переработки в Республике Беларусь в последнее время являются наиболее востребованными среди потребителей. С развитием технологии переработки, вкусов, предпочтений потребителей технологический и торговый ассортимент рыбных товаров постоянно совершенствуется. Расширение ассортимента рыбных продуктов требует глубоких знаний потребностей потенциальных потребителей, что позволит создавать конкурентоспособные продукты. В этой связи весьма актуальным является проведение маркетинговых исследований потребительских предпочтений.

При маркетинговом исследовании потребительских предпочтений выявляются основные факторы, влияющие на выбор того или иного товара. Специалисты способны увидеть, какое будущее у выпускаемого или реализуемого товара. Проводимые маркетинговые исследования потребительских предпочтений помогают определить степень удовлетворённости покупателей тем или иным товаром, подобрать наилучшее соотношение цена/качество. Одними из методов маркетинговых исследований потребительских предпочтений являются интервью и опросы, проводимые в месте покупки товара или услуги. Если исследование проведено грамотно, то оно станет основным источником при постановке маркетинговых задач. Одним из популярных методов сбора информации является опрос, проведенный посредством анкетирования.

Потребительские предпочтения, полученные в результате анкетирования, определяют основные критерии для создания новых видов продуктов, востребованных белорусским потребителем.

Пищевые предпочтения рыбных продуктов населения Республики Беларусь определяются как общим уровнем культуры питания, так и национальными традициями и приоритетами. Ежегодная потребность внутреннего рынка в рыбной продукции, включая мороженую, сушеную, соленую, копченую рыбу и филе, а также консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов, составляет 120 - 150 тыс. тонн или 13-16 кг на человека, при медицинской норме от 16 до 24 кг [1].

Традиционные вкусовые направления на рынке рыбной продукции изменяются в соответствии с предпочтениями потребителей в современном обществе. Например, вкусовые пристрастия европейцев сильно отличаются от вкусов на рыбную продукцию на постсоветском про-

странстве. Пресервы из филе сельди в Европе сильно маринованные и сладковатые на вкус. Стоит также отметить, что в Европе большая часть рынка ориентирована на производство кулинарной продукции (котлеты, нагетсы, фишбургеры). У нас же рынок ориентирован на выпуск пресервов, соленой рыбы, деликатесной рыбы, икорной продукции.

Целью работы являлось – изучение потребительских предпочтений рыбы и рыбных продуктов в Республике Беларусь и анализ потребительского восприятия рыбных продуктов, установление критериев выбора рыбных продуктов при совершении покупки, выявление вкусовых предпочтений с целью создания «идеального профиля» рыбного продукта.

**Объекты и методы исследований.** В качестве объектов исследований были выбраны живая, охлажденная, мороженая рыба, соленые, вяленые, сушеные, копченые рыбные товары, пресервы, рыбные полуфабрикаты и кулинарные изделия из рыбы, представленные на рынке Республики Беларусь. Для изучения потребительских предпочтений и анализа потребительского восприятия рыбы и рыбопродуктов на рынке Республики Беларусь проведен опрос в виде индивидуального очного и заочного анкетирования различных групп населения Республики Беларусь (табл. 1).

Анкетирование проводилось анонимно. Объем выборки составил 350 человек. Целевая группа исследования – мужчины и женщины в возрасте от 18 до 65 лет, представители всех социальных слоев. Наиболее многочисленную группу респондентов составили госслужащие – 33%, рабочие – 29%, студенты – 17 %, пенсионеры – 10%, домохозяйки – 9%, другие – 2%.

**Таблица 1. Характеристика и количество опрошенных респондентов**

Группа 1 (Люди, работающие в сфере образования, здравоохранения, легкой промышленности, научной сфере и др.)		Группа 2 (Люди, имеющие непосредственную связь с рыбными изделиями (работники рыбохозов и магазинов, реализующих рыбную продукцию))	
87 %		13 %	
Женщины (76 %)	Мужчины (24%)	Женщины (74 %)	Мужчины (26 %)
Категории людей, принявшие участие в опросе			
студенты и молодые специалисты, как правило, лица до 25 лет	состоявшиеся специалисты (от 26 лет до пенсионного возраста – 54 года для женщин и 59 лет для мужчин)	пенсионеры (свыше 55 лет для женщин и свыше 59 лет для мужчин)	
15 %	60 %	25 %	

Все вопросы, приведенные в анкете, являются альтернативными, т.е. имеют несколько вариантов ответов. При заполнении анкеты необходимо было выбрать вариант ответа, соответствующий мнению опрашиваемого. Большинство вопросов было сформулировано таким образом, что позволяло респонденту дополнить «меню», т.е. в конце приводимых ответов предусмотрены возможности кодирования дополнительных ответов в графе «иное». Представленная анкета состояла из двух частей:

1. Вопросы, характеризующие респондента (пол, возраст);
2. Вопросы, непосредственно связанные с целями и задачами проводимого исследования.

**Результаты исследования.** Анализ, полученных в процессе опроса данных, показал, что белорусский потребитель довольно часто использует в своем рационе рыбу и рыбопродукты: более 40 % как женщин, так и мужчин употребляют рыбу один раз в неделю (рис. 1).

В Минске и областных центрах на продовольственном рынке представлен широкий ассортимент рыбной продукции, но не всегда по низкой цене. В специализированных магазинах («Виталюр», «Белрыба») представлена продукция в широком ассортименте и по достаточно выгодной цене.

В магазине, находящемся в шаговой доступности от места проживания, ассортимент ограничен, однако бывают акции на некоторые виды продукции по снижению цены. Не во всех торговых точках представлена в продаже живая и охлажденная рыба.

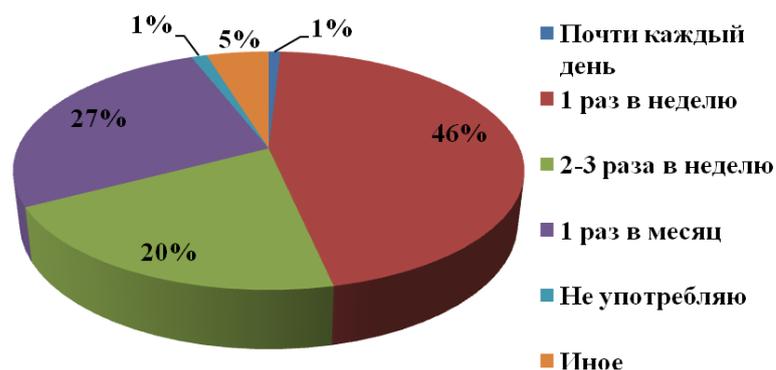


Рис. 1. Частота употребления рыбы и рыбной продукции населением Беларуси (на основе данных анкетирования)

На вопрос: «Где вы предпочитаете покупать рыбу?», большая часть опрошенных (53 %) ответила, что предпочитает покупать рыбу в специализированных магазинах, 31% потребителей, предположительно с целью экономии своего времени, выбирают рыбу и рыбную продукцию в ближайшем магазине (рис. 2).

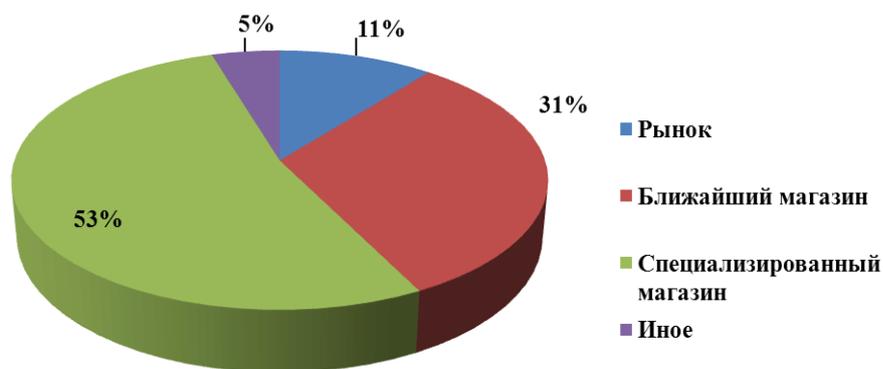


Рис. 2. Места приобретения рыбы и рыбной продукции

Исследования в отношении информированности потребителя о пользе рыбы и рыбопродуктов показали, что более 95 % потребителей осведомлены о полезных свойствах данных продуктов (рис. 3).

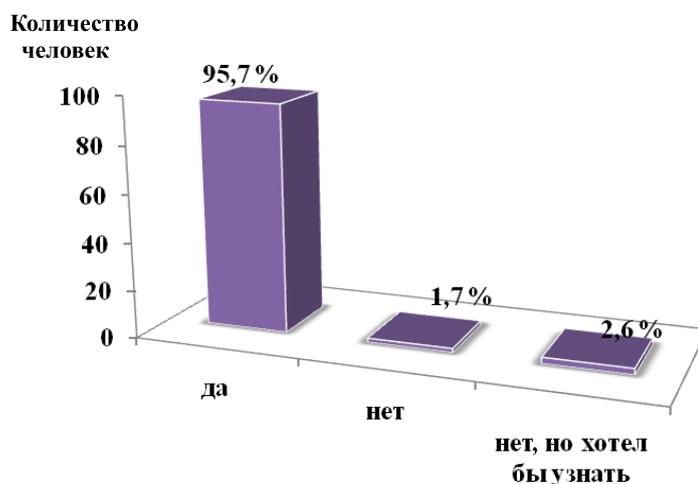


Рис. 3. Информированность потребителя о пользе рыбы и рыбопродуктов

На рынке Республики Беларусь рыба представлена:

- ♦ в живом виде: (каarp, белый амур, форель, карась, толстолобик, осетр), выращенная в рыбхозах на территории Республики Беларусь;
- ♦ в замороженном виде: (сельдь, форель, лосось, палтус, масляная рыба, горбуша, хек, навага, акула-призрак, треска, аргентина, скумбрия, камбала, джон-дори, рыба-луна, минтай, сайда, мойва, килька, салака, сардина, скаббард-фиш); поступает в страну из России, Норвегии, Исландии, Аргентины, Испании, Канады и т.д.;
- ♦ охлажденная рыба и морепродукты: форель, лосось, палтус, барабулька, корюшка, сибас, дорада, треска, филе, гребешки, моллюски, креветки, мидии, кальмары;
- ♦ в виде продуктов переработки рыбы и морепродуктов: щука, лещ, карась, вобла, камбала, мойва, лосось, горбуша, скумбрия, сельдь, палтус (продукция горячего копчения, вяленая); сельдь пряная, сельдь, мойва, килька, скумбрия соленая, фаршмаки, икра рыб, филе, сельдь в томатной заливке, пряной, лимонной, с клюквой, кусочки сельди в масле, в горчичной заливке и т.д. (рыбные пресервы); лосось натуральный, шпроты, тунец натуральный, тунец для салатов, салака копченая, ставрида, скумбрия, килька в томатном соусе, сардина с добавлением масла, паштет шпротный, лосось с овощами, карп с овощами (рыбные консервы); фаршированная щука, жареный карп, мойва, хек, рыба, запеченная в сыре, суши, роллы, рыбные котлеты, скумбрия с морковью, рыба на гриле (готовые кулинарные изделия).

Исследования предпочтений потребителей по способу обработки рыбы показали, что большинство опрошенных (37 %) предпочитают приобретать готовые к употреблению продукты переработки рыбы и морепродуктов: копченые рыбные изделия – 13 %, консервы и пресервы из рыбы – по 10 %. Второе и третье место по предпочтению занимают замороженная (28 %) и охлажденная (23 %) рыба соответственно (рис. 4).

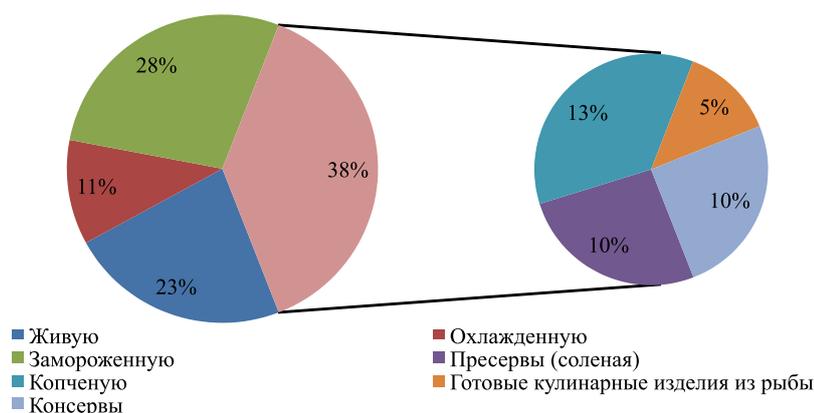


Рис. 4. Предпочтения потребителей по типу обработки рыбы

Интересным представляется значительное расхождение в предпочтениях различных групп опрошенных респондентов. Группа людей, имеющих непосредственную связь с рыбными изделиями (группа 2), предпочитает приобретать живую рыбу – 37% и только 15% респондентов из группы 1 придерживаются аналогичного мнения. В свою очередь более 30% людей из группы 1 (люди, работающие в сфере образования, здравоохранения, легкой промышленности, научной сфере и др.) свой выбор отдали в пользу замороженной рыбной продукции (рис. 5).

Вопрос: «Какую рыбу Вы предпочитаете – морскую или речную?» был задан респондентам с целью определить вкусовые предпочтения, так как морская и речная рыба имеют значительные отличия как во вкусе, так и по пищевой ценности. Полученные результаты позволили установить существенные отличия в предпочтениях различных групп опрошенных респондентов. Более 70% людей из группы 1 предпочитают приобретать морскую рыбу, в то же время 62% опрошенных респондентов из группы 2 отдают свой выбор в пользу речной рыбы. Предположительно, это можно объяснить тем, что люди из группы 2 – работники рыбхозов, занимающиеся производством отечественной речной рыбы, и поэтому в своем большинстве предпочитают собственную продукцию (рисунок 6).

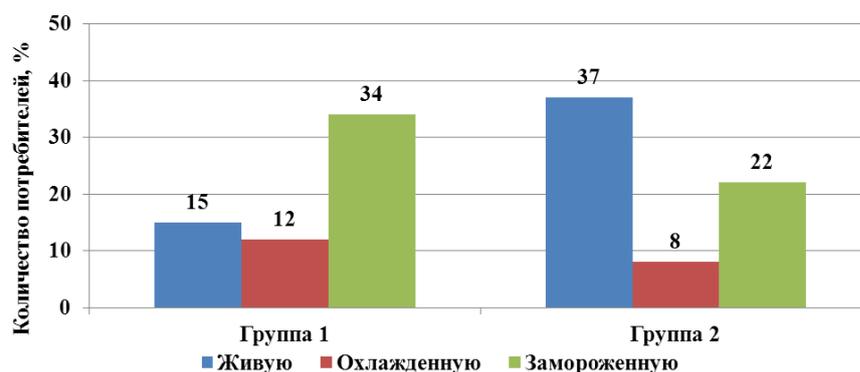


Рис. 5. Предпочтения различных групп потребителей по типу обработки рыбы

*Примечание.* Группа 1 – люди, работающие в сфере образования, здравоохранения, легкой промышленности, научной сфере и др.; группа 2 – люди, имеющие непосредственную связь с производством рыбных изделий.

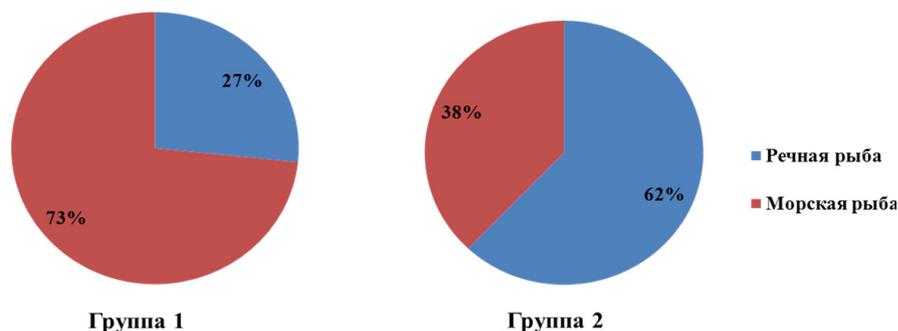


Рис. 6. Предпочтения потребителей по виду рыбы

Жирные сорта рыбы очень полезны для нормального функционирования организма. Их польза обусловлена наличием эссенциальных жирных кислот. Потребление рыбы жирных сортов снижает риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний [2]. Изучение предпочтений потребителей в отношении жирных сортов рыбы показало:

- ♦ около 30 % потребителей отдают предпочтения скумбрии, лососю и форели;
- ♦ более 60 % респондентов определили сельдь как менее предпочтительный сорт жирной рыбы, несмотря на то, что данный сорт значительно уступает в ценовой категории относительно других исследуемых сортов рыбы.

Исследование предпочтений белорусского потребителя в отношении видов морской рыбы позволило установить следующее:

- ♦ лидирующие позиции на белорусском рынке занимают такие виды, как хек, минтай и лососевые виды рыб (26,5 – 30,2 % опрошенных респондентов чаще всего используют их в своем рационе);
- ♦ не более 10 % потребителей предпочитают употреблять такие сорта, как мойва, сайда, камбала и др. (рис. 7).

Вопрос «Если не учитывать цену продукта, какую бы рыбу Вы покупали?» исключает ценовой фактор покупки и позволяет определить реальные предпочтения населения по вкусовым качествам рыбы. Не случайно в вариантах ответов указаны лососевые виды рыб и палтус, т.к. данные категории рыб относятся к дорогим продуктам, которые некоторые группы населения просто не могут приобрести, даже если такая продукция предпочтительна. Более 50 % потребителей отдали свой голос в пользу лососевых видов рыб (рис. 8).

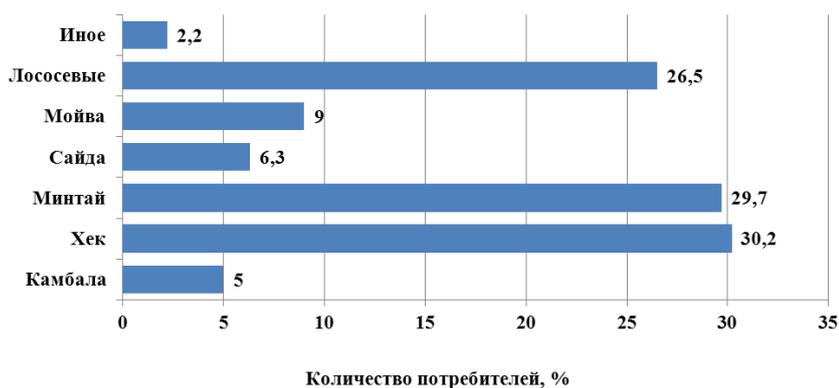


Рис. 7. Предпочтения потребителей в отношении видов морской рыбы

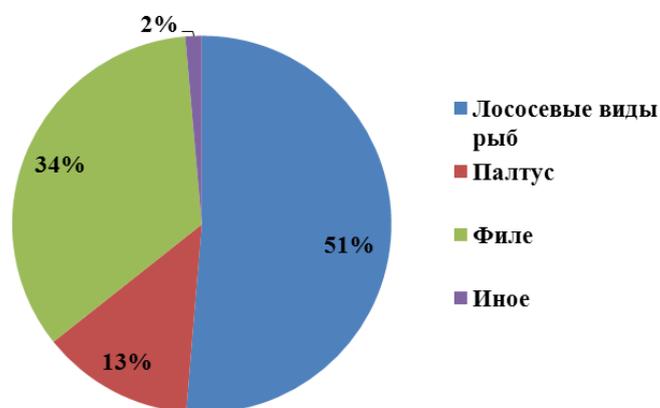


Рис. 8. Предпочтения потребителей в отношении видов рыбы вне зависимости от стоимости

Не случайно в вариантах ответов к данному вопросу указано «филе», т.к. филе рыбы по стоимости превышает цену неразделанной (в тушках) рыбы, и не каждый покупатель может позволить себе переплатить с целью экономии времени, избегая подготовительного этапа разделки рыбы перед приготовлением. Более 30 % потребителей готовы заплатить за дополнительный этап подготовки рыбы (разделка на филе), в большинстве случаев это молодые люди до 25 лет (рис. 9).

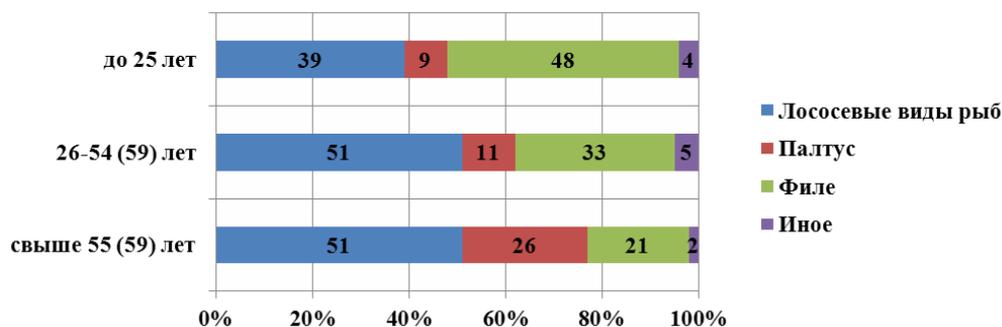


Рис. 9. Предпочтения потребителей разных возрастных групп в отношении видов рыбы вне зависимости от стоимости

Состоявшиеся специалисты (26-54 (59) лет) и пенсионеры в первую очередь предпочтение отдают лососевым видам рыб (рис. 9).

- Изучение предпочтений населения в употреблении рыбы по способу приготовления показало:
- ♦ количество опрошенных, предпочитающих жареную, запеченную и вареную рыбу, практически одинаково и составляет 25-33 %;
  - ♦ 9 % респондентов предпочитают соленую рыбу (рис. 10).

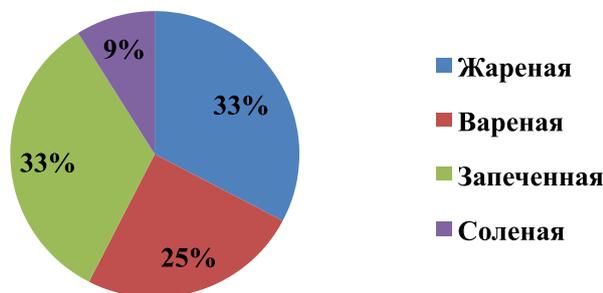


Рис. 10. Предпочтения потребителей в отношении используемого способа приготовления рыбы

- Анализ ответов на вопрос: «Часто ли Вы употребляете консервы из рыбы?» показал:
- ♦ только 9 % потребителей употребляют рыбные консервы довольно часто (1 раз в неделю и более);
  - ♦ 53 % опрошенных респондентов употребляют рыбные консервы 1 раз в месяц;
  - ♦ 21 % - вообще не употребляют в своем рационе консервы из рыбы.

В графе иное 17 % опрошенных людей указали, что рыбные консервы употребляют редко, не чаще 1 раза в 2-3 месяца.



Рис. 11. Частота употребления рыбных консервов

Определение видов консервов, наиболее популярных среди населения, показало существенные отличия между предпочтениями мужчин и женщин. Так более 20 % мужчин употребляют в своем рационе рыбные консервы в томатном соусе и шпроты или шпротный паштет, в то же время женщины отдают предпочтение натуральным консервам из рыбы (тунец) и шпротам (рис. 12).

Ассортимент продукции, в том числе и рыбной, постоянно расширяется в соответствии со вкусовыми потребностями современного общества. В существующих условиях недостаточного количества полноценных продуктов питания необходимо насыщать ассортиментный рынок полезными продуктами функционального назначения. При создании новых видов продуктов функционального назначения из рыбы первостепенно необходимо выяснить, насколько данный продукт будет востребован на белорусском рынке и готовы ли потребители платить больше за «более полезный» продукт. 16 % опрошенных респондентов категорически не готовы к употреблению новых видов функциональных консервов из рыбы, оставшаяся часть респондентов в основной части положительно воспримет создание таких продуктов (рис. 13).

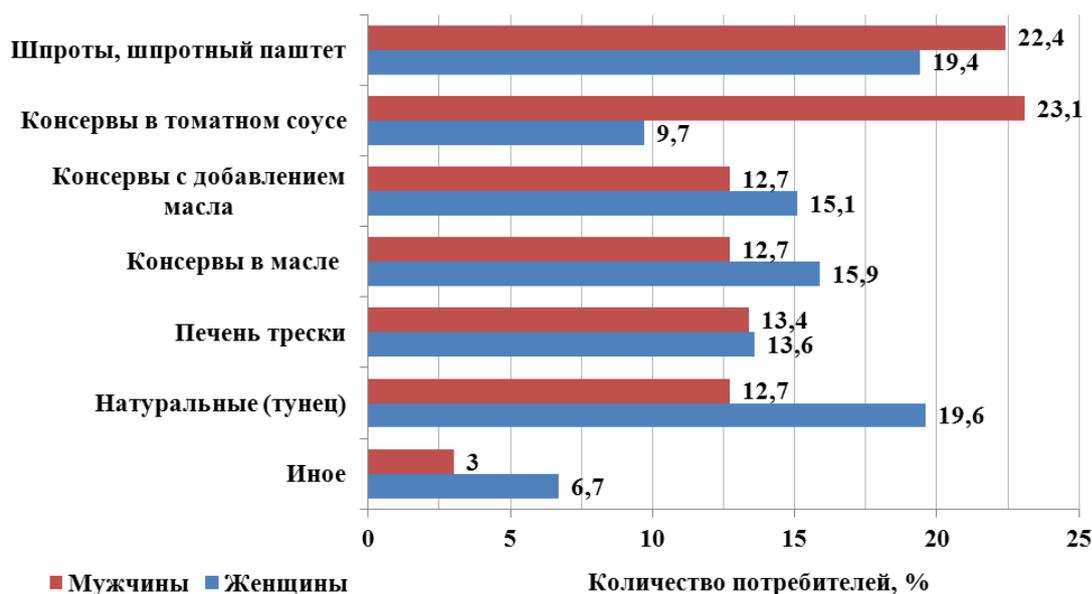


Рис. 12. Предпочтения потребителей в отношении рыбных консервов

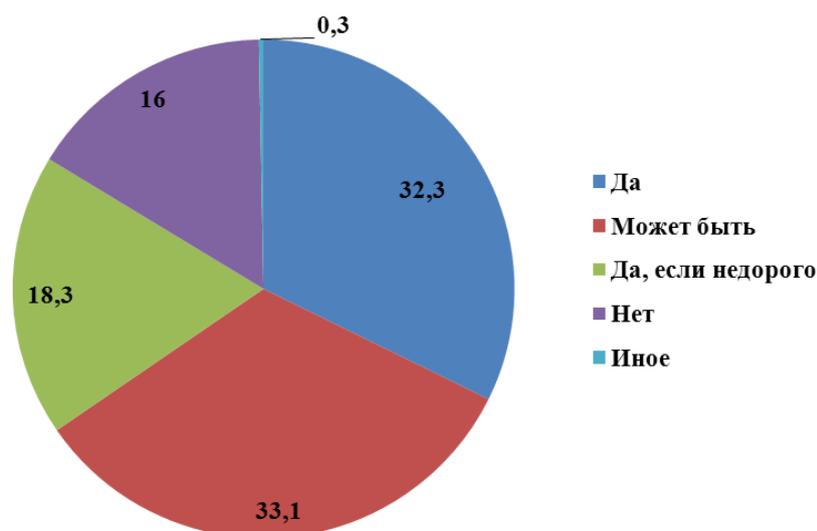


Рис. 13. Заинтересованность потребителей в употреблении новых видов продуктов функционального назначения из рыбы (с повышенным содержанием полезных веществ)

Значительное количество опрошенных (40-50 % белорусских потребителей) не готовы переплачивать сумму за полезные свойства продукта (рис. 14).

Для выявления вкусовых предпочтений при создании «идеального» рыбного продукта в ходе исследования респондентам было предложено оценить сенсорные (органолептические) характеристики рыбных продуктов.

Показатель «сенсорное восприятие» продукта является важнейшим комплексным показателем, влияющим на степень удовлетворенности потребительских ожиданий при совершении покупки. Это комплексный показатель, включающий такие единичные показатели качества, как внешний вид продукта, флейвор (комплексное ощущение в полости рта), типичность, консистенция и др.

Респондентам предлагалось оценить сенсорные факторы, формирующие предпочтения потребителей применительно к рыбному продукту, представленные в табл. 2 [3]:



Рис. 14. Готовность населения расходовать средства на покупку нового вида функционального продукта из рыбы

Таблица 2. Сенсорные факторы, формирующие предпочтения потребителей применительно к рыбному продукту

Зрение	Обоняние	Вкус	Осязание
Внешний вид упаковки	Интенсивность аромата (запах/ аромат/букет)	Баланс соленость-кислотность	Консистенция (при нажатии)
Дизайн этикетки	Гармоничность аромата	Типичность	Структура
Внешний вид продукта (цвет, блеск)	Степень свойственности запаха	Насыщенность вкуса	Степень измельчения
Консистенция	Наличие посторонних тонов	Длительность послевкусыя	Консистенция (Жесткость, зернистость, липкость, плотность, шероховатость)
Дефекты и пороки внешнего вида	—	Посторонние привкусы	—

В табл. 3 приведены данные потребительских предпочтений органолептических характеристик в зависимости от значимости при выборе покупки.

Таблица 3. Органолептические характеристики

Критерии	Количество ответов, % 1-очень значимо, 5- незначимо.				
	1	2	3	4	5
Внешний вид	50	24	5	7	14
Запах	57	17	5	2	19
Цвет	46	21	12	0	21
Консистенция	43	29	5	9	14
Текстура	29	40	15	6	10
Однородность	31	34	12	7	16
Белки	26	14	28	12	20
Жиры	22	15	33	14	16
Энергетическая ценность	21	21	26	10	22

По результатам анкетирования установлено, что большинство опрошенных считает органолептические свойства продукта одним из определяющих показателей при совершении покупки. Идеальный рыбный продукт, по мнению потребителей, — продукт с приятным запахом, прият-

ным сбалансированным в меру соленым вкусом и послевкусием. Многие отметили важность наличия удобной упаковки и приемлемой стоимости товара.

Таким образом, полученные в результате анкетирования данные потребительской оценки сенсорных показателей могут использоваться в комплексе с традиционными объективными показателями качества при проведении комплексной оценки качества разрабатываемых функциональных продуктов. На основании ожиданий потребителей можно определить панель дескрипторов разрабатываемого продукта и создать «идеальный профиль» продукта.

На основе анализа полученных данных исследования определены главные потребительские критерии качества востребованного «идеального» продукта (табл. 4):

**Таблица 4. Потребительские критерии качества функционального рыбного продукта**

Показатель качества	Желаемая характеристика показателя качества
Упаковка	Привлекательная, удобная, функциональная
Внешний вид	Приятный цвет, удобная разделка
Вкус	Приятный, в меру соленый
Запах	Приятный, с ароматом внесенных специй и пряностей
Консистенция	Нежная, сочная, однородная
Экономичность	Приемлемая цена
Безопасность	Отсутствие в составе искусственных компонентов (ГМО, красители, ароматизаторы, консерванты)
Полезность	Наличие в составе функциональной добавки, витаминов, минералов

Таким образом, в результате изучения потребительских предпочтений рыбы и рыбных продуктов на рынке Республики Беларусь установлено, что основными потребителями рыбы и рыбных продуктов являются люди в возрасте от 26 до 59 лет. Наиболее часто совершают покупки данного вида продукта женщины в специализированных магазинах. По вкусовым свойствам наиболее предпочтительна морская рыба. По способу обработки наибольший интерес (37 % респондентов) вызывают готовые к употреблению продукты переработки рыбы и морепродуктов, такие как копченые рыбные изделия (13%), консервы (10%) и пресервы (10%) из рыбы, готовые кулинарные изделия (5%). Среди рыбных консервов интерес вызывают рыба в томатном соусе, в масле, паштеты. Необходимо отметить высокую информированность населения о пользе рыбных продуктов и заинтересованности в новых продуктах, обладающих функциональными свойствами по приемлемой цене.

По результатам анкетирования установлено, что большинство опрошенных считает органолептические свойства продукта одним из определяющих показателей при совершении покупки. Многие отметили важность наличия удобной упаковки и приемлемой стоимости товара. Идеальный рыбный продукт, по мнению потребителей, — продукт с приятным запахом, приятным сбалансированным в меру соленым вкусом и послевкусием.

На основе потребительских предпочтений определены основные сенсорные характеристики «идеального» рыбного продукта с целью создания функционального продукта на рыбной основе: внешний вид, упаковка, консистенция, вкус, запах, полезность, экономичность. Составлены карты сенсорных характеристик рыбного сырья, которые необходимы при оценке качества сырья используемого при производстве продуктов из рыбы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Продовольственная безопасность Республики Беларусь в условиях функционирования Евразийского экономического союза. Мониторинг—2015. В 2 ч. Ч.2 / В.Г. Гусаков [и др.]. — Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2016.—141 с.
2. Обзор национального рыбоводческого сектора (НАСО) [Электронный ресурс].—Режим доступа : [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_belarus/ru](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_belarus/ru).—Дата доступа: — 08.08.2017.

3. Сенсорный анализ продуктов переработки рыбы и беспозвоночных: учебное пособие. / Г. Н. Ким [и др.]. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 512 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 23.06.2017*

**I. M. Potchitskaia, N. V. Komarova, E. S. Krasouskaya**

### **STUDYING CONSUMER PREFERENCES OF FISH PRODUCTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

The article presents the results of consumer preferences of fish products in the Republic of Belarus, the main criteria for selecting fish products are established. The taste preferences of consumers for creating the “ideal profile” of a fish product are revealed. The obtained research data will be used to create functional fish products.

Keywords: fish, fish products, consumer preferences, questioning, organoleptic characteristics.

УДК 664.664.34

*В статье приведены результаты исследований потребительских предпочтений женщин Республики Беларусь в отношении специализированных изделий для беременных и кормящих женщин для обоснования необходимости и целесообразности разработки их новых видов.*

*Ключевые слова: потребительские предпочтения, анкетирование, продукты специализированного назначения, хлебобулочные изделия, продукты питания для беременных и кормящих женщин.*

## **ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ БЕРЕМЕННЫХ И КОРМЯЩИХ ЖЕНЩИН**

Государственное предприятие «Белтехнохлеб», г. Минск, Республика Беларусь

*Н.С. Лаптенюк, заместитель директора*

УО «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Л.А. Мельникова, кандидат биологических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров*

По данным статистики впервые с 1993 года численность населения Беларуси увеличилась по итогам 2014 года. Основные факторы, благодаря которым белорусов и в 2014-м, и в 2013-м стало больше — увеличение количества рожденных и миграционный прирост. Рост рождаемости в стране отмечается с 2004 года, а в 2007 количество рожденных детей впервые за долгие годы превысило сто тысяч — 103 626 детей. По данным Белстата численность населения Беларуси на 1 января 2015 г., составила 9 млн. 481 тыс. человек и по сравнению с началом 2014 года естественный прирост населения увеличился на 12,8 тыс. человек. В связи с этим увеличилось число беременных и кормящих женщин, следовательно, повысился интерес к изучению факторов, обуславливающих протекание беременности, здоровье беременной женщины и ребенка.

Рациональное питание — основное условие благоприятного течения и исхода беременности и нормального развития плода. Организм беременной женщины требует большего, чем обычно, количества питательных веществ, необходимых не только самой матери, но и растущему ребёнку.

Разработка и создание специализированных пищевых продуктов, в частности для беременных и кормящих женщин, является одним из актуальных направлений в пищевой промышленности. В рацион питания для беременных и кормящих женщин необходимо вводить компоненты, необходимые для роста и развития ребенка и для профилактики нутриентной недостаточности в данный физиологический период женщины.

Однако, для того, чтобы эта профилактика была эффективна, необходима объективная информация о потребителях, на которых данная продукция направлена. Изучение отношения потребителей к новым обогащенным продуктам имеет важное значение, так как позволяет определить оптимальное соотношение между спросом и предложением и разработать эффективную маркетинговую политику.

В период с декабря 2015 г. по сентябрь 2016 г. был проведен социологический опрос среди 380 беременных и кормящих женщин в возрасте 18-40 лет, проживающих в г. Минске. Потребители были распределены на три возрастные группы: 1-я группа до 18 лет; 2-я группа от 18 до 30 лет; 3-я группа от 31-40 лет. Опрос проводился в различных торговых точках, на улице, а также в районных поликлиниках и ГУ «Республиканский научно-исследовательский центр «Мать и дитя». Полученные данные были проанализированы методами математической статистики с использованием программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 8.

Среди методов анализа предпочтений потребителей был выбран метод анкетирования. Так как изучение потребительских предпочтений связано с непосредственным опросом потребителей, перед проведением исследования были изучены, а в процессе опроса соблюдались правила процедуры опроса, выработанные в ходе психологических и социологических исследований [1, 2].

Разработанная анкета состоит из 19 вопросов, разделенных на 3 блока: портрет потребителя, основные данные по предпочтениям к специализированным продуктам, в том числе к хлебобулочным изделиям, дополнительные (уточняющие вопросы). Вопросы анкеты позволяют выявить, какие специализированные изделия наиболее востребованы у потребителей, критерии, определяющие выбор респондентов (цена, качество, полезность, введение добавок и т.д.), оценку потребности в новых видах обогащенных хлебобулочных изделий специализированного назначения, выбор предпочитаемых для внесения в хлебобулочные изделия микронутриентов, а также отношение респондентов к торговым точкам. Портрет потребителя состоит из данных о возрасте респондента, среднемесячном доходе на одного члена семьи, роде занятий и образовании.

Опрошенные респонденты относятся к различным возрастным группам: 1,6 % относятся к группе в возрасте до 18 лет; 3,5 % к группе от 31 до 40 лет; 94,9 % составляют группу в возрасте от 18 до 30 лет.

По социальному положению большинство респондентов отнесли себя к служащим (55,1 %), количество опрошенных рабочих женщин составило 29,3 %; 9,1 %, 5,0 % и 1,5 % пришлось соответственно на домохозяйек, студентов и временно не работающих (безработных) женщин.

По критерию образование большинство женщин имеют высшее образование (73,1 %), среднее и среднее специальное – 4,6 % и 20,2 % соответственно, 2,1 % - без образования.

Исходя из данных обработки результатов опроса, опрошенные имеют разный уровень дохода: до 200 руб. – 6,4 %; от 200 руб. до 500 руб. – 43,1 %; от 500 руб. до 1000 руб. – 40,3 %; выше 1000 руб. – 10,2%.

На первом этапе исследований была определена информированность женщин г. Минска о специализированных продуктах питания.

Установлено, что 65,3 % опрошенных имеют представление о специализированных продуктах; 34,7% – не знают, что это такое. 89,4 % респондентов испытывают недостаток или полное отсутствие достоверной информации о специализированных продуктах питания.

Кроме того, был проведен опрос об уровне осведомленности о продуктах специализированного назначения для беременных женщин и кормящих женщин. На вопрос: «Что такое, по Вашему мнению, специализированный пищевой продукт для беременных и кормящих матерей?» респонденты ответили следующим образом: продукт из которого удалены вещества, не рекомендованные по медицинским показаниям для удовлетворения физиологической потреб-

ности организма – 21,8 %; продукт, в котором проведена замена удаленных веществ на другие компоненты для удовлетворения физиологической потребности организма – 20,3 %; и то и другое – 19,7 %; затруднились ответить на данный вопрос – 38,2 %.

Респондентам было предложено ответить на ряд вопросов, касающихся необходимости разработки хлебобулочных изделий специализированного назначения для беременных и кормящих матерей. Мнения разделились, но большинство опрошенных положительно отнеслись к таким изделиям полезным для здоровья, нейтральную позицию заняли 22,4 % респондентов, отрицательно отнеслись – 15,5 %; 56,1 % опрошенных считают, что женщины республики определенного физиологического состояния испытывают потребность в хлебобулочных изделиях специализированного назначения (рис. 1).

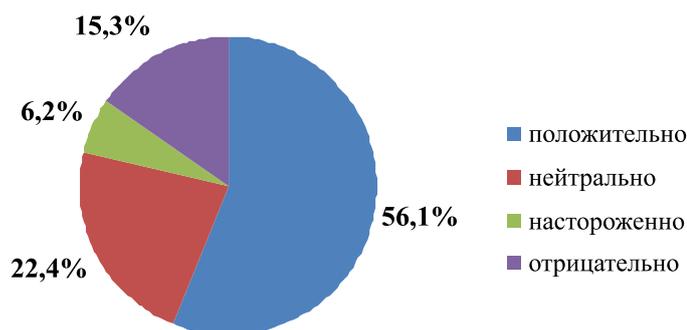


Рис. 1. Распределение мнений респондентов по отношению к хлебобулочным изделиям специализированного назначения

Респондентам было предложено выбрать критерии, которые они учитывали бы при выборе хлебобулочных изделий специализированного назначения. В результате установлено, что для 56,3 % респондентов основным критерием является польза для здоровья (рис. 2).

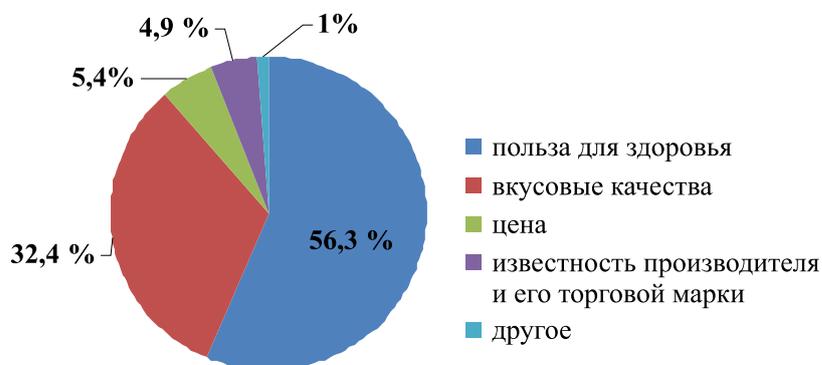


Рис. 2. Основные критерии выбора хлебобулочных изделий специализированного назначения

Также выявлено, что обогащенная хлебобулочная продукция пользуется популярностью среди населения. Еженедельное употребление составляет 7,2 %; 30,4 % респондентов употребляют данный вид продукции один и более раз в месяц; 62,4 – один и более раз в неделю.

Были установлены предпочтения потребителей по отношению к виду обогащающих компонентов. Потребители считают желательным обогащать хлебобулочные изделия пищевыми волокнами (31,0 %), макро- и микроэлементами (20,1 %); витаминами (20,5 %). 8,1 % опрошенных указали в качестве обогащающей добавки сахарозаменители; 2,1 % затруднились ответить на вопрос (рис.3).

Известно, что сегмент хлебобулочных изделий наиболее интересен в плане обогащения незаменимыми нутриентами. По мнению 30,5 % респондентов целесообразно обогащать хлеб и булочные изделия; сухари и хлебные палочки отметили 11,7 %; экструзионные хлебцы, тонкие сухарики и крекеры 57,8% соответственно.

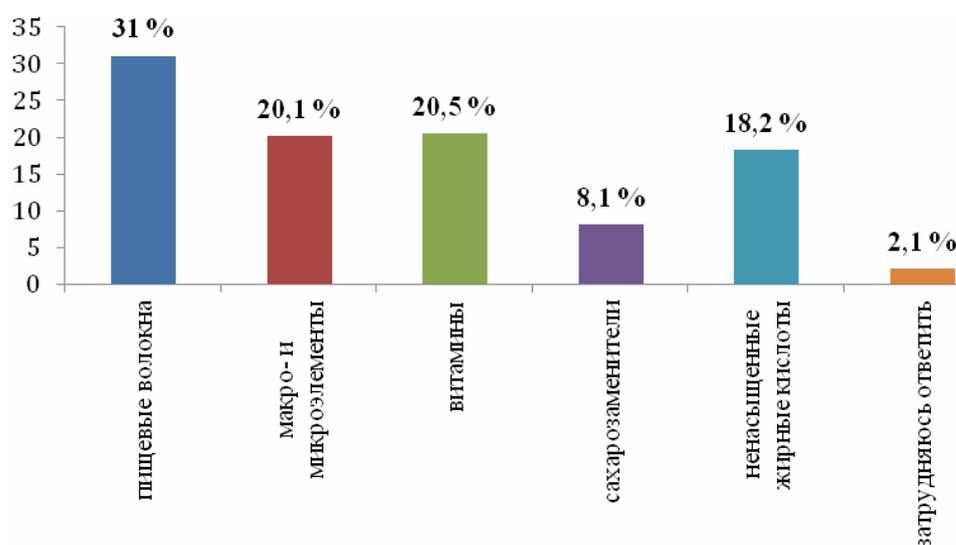


Рис. 3. Распределение мнений респондентов по отношению к видам обогащающих компонентов

При выявлении предпочтений к виду хлебобулочного изделия установлено, что наибольшей популярностью пользуются хлеб и хлебобулочные изделия пониженной влажности 40,4 % и 38,2 % соответственно. Булочным изделиям отдают предпочтение 21,4 % женщин

Одним из вопросов анкетирования был об отношении потребителя к хлебобулочным изделиям пониженной влажности. Из результатов опроса видно положительное отношение к данному сегменту хлебобулочных изделий, при этом наибольшей популярностью пользуются экструзионные хлебцы из цельносомлотой муки, тонкие сухарики с отрубями и крекер с пропеченным зерном – 40,1 %; 25,2 % и 24,7 % соответственно.

Экструзионные хлебцы, тонкие сухарики и крекер, по мнению респондентов – эти продукты, относящиеся к продуктам «здорового питания» (30,3 %), восполняющие дефицит незаменимых нутриентов (27,3 %), содержат меньше сахара и соли (16,3 %), не содержат искусственных добавок (25,0 %). Хлебцы интересуют потребителей с практической точки зрения: это недорогой продукт, который нейтрализует чувство голода на каком-то промежутке времени и при этом обладает приятным вкусом.

Готовность 60,4 % респондентов покупать обогащенные продукты специализированного назначения, даже если они будут стоить дороже традиционных, еще раз подтверждает интерес к специализированным продуктам.

По результатам анализа опроса составлен портрет целевого потребителя, предпочитающего обогащенные хлебобулочные изделия специализированного назначения. Из-за их полезности такие изделия предпочитают женщины в возрасте от 18 до 30 лет, получивших образование в высших и средних специальных учебных заведениях, которые много внимания уделяют заботе о своем здоровье и здоровье своей семьи.

Результаты социологического опроса с использованием разработанной анкеты позволили установить целевого потребителя специализированных хлебобулочных изделий для беременных и кормящих женщин и установить номенклатуру значимых потребительских свойств. Полученные данные, позволяют выявить положительное отношение потребителей к специализированным продуктам для питания беременных и кормящих матерей. Установлено, что необходимо расширение ассортимента специализированных хлебобулочных изделий для беременных и кормящих женщин, в том числе инновационных хлебобулочных изделий пониженной влажности (хлебцев, сухариков, крекера). Показана целесообразность обогащения хлебобулочных изделий с учетом физиологических потребностей беременных женщин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Аакер, Д.* Маркетинговые исследования / Д. Аакер, В. Кумар, Дж. Дэй. – М.: Прогресс, 2005. – 258 с.
2. *Уварова, В. И.* Социологические методы исследования в товароведении пищевых продуктов / В. И. Уварова, О. В. Евдокимова; под общ. ред. Т. Н. Ивановой. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 255 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 29.06.2017*

**N. S. Laptsenak, L. A. Melnikova**

### **CONSUMER PREFERENCES IN RELATION TO SPECIALIZED PRODUCTS FOR PREGNANT AND LACTATING WOMEN**

In the article the results of research of consumer preferences of women of Republic of Belarus concerning specialized products for pregnant and nursing women to justify the need and feasibility of developing them.

Keywords: consumer preferences, questionnaires, specialized products, bakery products, food for pregnant and nursing women.

УДК 665.347.8:620.181.4

*Рассмотрено представление о тыквенном масле как одном из наиболее полезных продуктов питания. Предложено расширить номенклатуру способов оценки свойств тыквенного масла за счет метода электретно-термического анализа. Тыквенное масло является жидкой диэлектрической средой, при равномерном нагревании которой экспериментально установлен факт протекания термостимулированных токов. Процессы деполяризации в образцах масла могут являться результатом разрушения координированных структур – ассоциатов, образованных с участием триглицеридов насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.*

***Ключевые слова:** тыквенное масло, электретно-термический анализ, спектр термостимулированных токов.*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРЕТНО-ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЫКВЕННОГО МАСЛА**

**Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», г. Гомель, Республика Беларусь**

***Ж. В. Кадолич, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения***

Химический состав и качество употребляемых человеком продуктов питания решающим образом влияют на качество жизни. Известно, что ослабление защитных сил организма приводит к возрастанию концентрации свободных радикалов, избыток которых способствует серьезным патологическим изменениям и заболеваниям, таким как злокачественные образования, гепатит, атеросклероз и др. [1, с. 20]. Снизить вредное воздействие свободных радикалов возможно при систематическом употреблении продуктов, обладающих антирадикальной активностью. К таким продуктам относятся растительные масла. Потребители Республики Беларусь, помимо традиционно применяемого при приготовлении пищи подсолнечного масла, все большее внимание обращают на другие разновидности масел – оливковое, льняное,

тыквенное, рыжиковое, арахисовое, кунжутное и др., в том числе относящиеся к дорогостоящему сегменту товаров. Настоящая работа посвящена изучению относительно нового для рынка тыквенного масла. Уделено внимание потребительским свойствам, значению в здоровом питании, основам производства и новому для товароведной практики методу исследования его свойств.

**Теоретический обзор.** Тыквенное масло – одно из самых полезных для здоровья масел. В его состав помимо триглицеридов жирных кислот входят эфирные масла, белки, пектины, стерины, гормоноподобные вещества, фосфолипиды, флавоноиды, токоферолы, каротиноиды (суммарное содержание достигает 15 мг%), витамины А, Е (в основном – β-токоферол, до 60 мг%), F, С, К, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Р. Витамин F характеризуется композицией полиненасыщенных жирных кислот – олеиновой, линолевой и линоленовой, суммарное содержание которых в масле составляет около 70 %. Основные физико-химические показатели тыквенного масла представлены в табл. 1, примерный жирнокислотный состав – в табл. 2.

**Таблица 1. Физико-химические показатели тыквенного масла [2, С.28]**

Показатель качества	Единица измерения	Значение
Плотность	г/см <sup>3</sup>	0,903-0,926
Кислотное число	мг КОН/г	менее 15
Число омыления	мг КОН/г	185-205
Йодное число	г I <sub>2</sub> /100 г	115-140

**Таблица 2. Жирнокислотный состав тыквенного масла [2, С.28; 3, С.446, 470, 756, 758, 760, 796, 852, 856, 956, 1120]**

Название кислоты	Формула	Класс	Содержание, %
Миристиновая	C <sub>13</sub> H <sub>27</sub> COOH	Насыщенная	0,2
Пальмитиновая	C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	Насыщенная	6-15
Пальмитолеиновая	C <sub>15</sub> H <sub>29</sub> COOH	Мононенасыщенная	<0,5
Стеариновая	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	Насыщенная	6-7,5
Олеиновая	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	Мононенасыщенная	18-47
Линолевая	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH	Полиненасыщенная	30-48
Линоленовая	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH	Полиненасыщенная	15
Арахидиновая	C <sub>19</sub> H <sub>39</sub> COOH	Насыщенная	<0,8
Гадолеиновая	C <sub>19</sub> H <sub>37</sub> COOH	Мононенасыщенная	<0,5
Бегеновая	C <sub>21</sub> H <sub>43</sub> COOH	Насыщенная	<0,4
Эруковая	C <sub>21</sub> H <sub>41</sub> COOH	Мононенасыщенная	<0,3
Лигноцериновая	C <sub>23</sub> H <sub>47</sub> COOH	Насыщенная	<0,5

Ценный химический состав тыквенного масла предопределил его лечебно-профилактические свойства, которые выражаются в гепатопротекторном, репаративном, противовоспалительном, антисклеротическом, противоязвенном и антигистаминном действии [2, С.27]. Чаще всего данное масло используют в качестве салатного и для сбрызгивания тушеных/запеченных овощей, мяса, рыбы, бобовых, исключая его термическую обработку. Активное применение оно находит в качестве биологически активной добавки (БАД) к пище. Органолептические свойства тыквенного масла определяются технологией его получения. Сырое масло имеет цвет от рыжеватого-коричневого до темно-зеленого. Запах характеризуется наличием тонких ореховых нот. Масло высокого качества не должно горчить. С целью сохранения основных характеристик масло должно храниться в защищенном от света месте при температуре не выше 15 °С в герметичной упаковке не более 18 мес. (для БАД – 12 мес.).

Трудоемкость процесса производства тыквенного масла и его высокая биологическая ценность обусловили тот факт, что данный вид масла не является дешевым. Для получения 1 л тыквенного масла необходимо переработать около 2,5 кг сухих тыквенных семечек (в среднем – 30 тыкв). В промышленных условиях тыквенное масло получают холодным прессованием. Для оптимизации этого процесса используют 2-стадийную влаготермическую обработку сырья. Тепловое воздействие способствует обогащению масла такими группами биологически активных веществ, как токоферолы, каротиноиды, фосфолипиды. Это объясняется тем, что при тепловой обработке происходит разрыв связей указанных веществ с белковой частью семян и растворение их в объеме масла. На первой стадии измельченные семена, увлажненные до 12-14 %, кратковременно выдерживают при 80-90 °С. На следующей стадии обработки при низкотемпературном длительном прогреве влажность мятки снижается до 3 %, частицы мятки приобретают необходимую для прессования поверхностную жесткость и происходит окончательное разрушение структур мятки. Тыквенного масла в семенах содержится до 30 %. Даже незначительные нарушения при производстве тыквенного масла приводят к снижению его потребительских достоинств и появлению дефектов вкуса, цвета и запаха [2, С.27].

**Экспериментальная часть.** Полезные свойства растительных масел, в т.ч. тыквенного, следует рассматривать в совокупности с их качественными параметрами, обеспечение которых в отношении продовольственного сырья и пищевых продуктов – один из важнейших факторов, определяющих здоровье человека. Набирает силу массовое движение «здоровый образ жизни», одним из принципов которого является повышенное внимание к уровню качества и химическому составу потребляемой пищи. Поэтому расширение номенклатуры методов анализа пищевой продукции не только стоит в повестке дня, но и необходимо с точки зрения удовлетворения растущих требований потребителей.

Ввиду наличия на рынке широкого спектра разновидностей растительных масел применение традиционных методов оценки показателей их качества становится недостаточным. Во-первых, традиционные методы анализа дают обобщенную картину, позволяя с достаточной степенью достоверности идентифицировать видовую принадлежность масел, но не всегда позволяют выявить наличие каких-либо добавок или следов фальсификации. Во-вторых, традиционные методы разрабатывались применительно к упрощенной классификации масел, в то время как методы, позволяющие оценить содержание наиболее важного компонента – жирных кислот в той или иной пропорции – до сих пор не являются общеупотребительными. В-третьих, всегда является актуальным и перспективным расширение перечня инструментальных методов анализа продовольственных объектов за счет применения методов исследования из арсенала естественных наук.

В работах [4-7] продемонстрированы возможности исследования растительных масел с помощью метода электретно-термического анализа – ЭТА. Метод основан на нагревании с постоянной скоростью анализируемого образца, размещенного между заземленным и измерительным электродами, и получении графиков зависимости протекающего во внешней цепи электрического тока от температуры – спектров термостимулированных токов (ТСТ). По виду спектров ТСТ анализируют происходящие в образце процессы, опираясь на фундаментальные представления об электретном состоянии [8, С.8-10]. Если во внешней цепи, замыкающей электроды, возникает ТСТ, то это является однозначным показателем процессов электрической деполяризации в образце. Интенсификация теплового движения частиц, разрушающего поляризованное состояние вещества образца, сопровождается высвобождением носителей заряда из ловушек и их движением к электродам.

Схема измерительного комплекса для проведения ЭТА представлена на рис. 1.

В процессе ЭТА образцы тыквенного масла № 1 и № 2 (табл. 3) нагревали с постоянной скоростью 2 °С/мин до 120 °С и с помощью компьютерной программы осуществляли запись спектров ТСТ. Для улучшения фиксации образца масла между электродами использовали техническое решение, описанное в работах [5, С.77; 6, С.53; 7, С.161]. Исследования проводили в течение

1–3 дней после вскрытия упаковки с маслом. Представленные на рисунке 2 спектры являются графическим усреднением 10 спектров образцов.

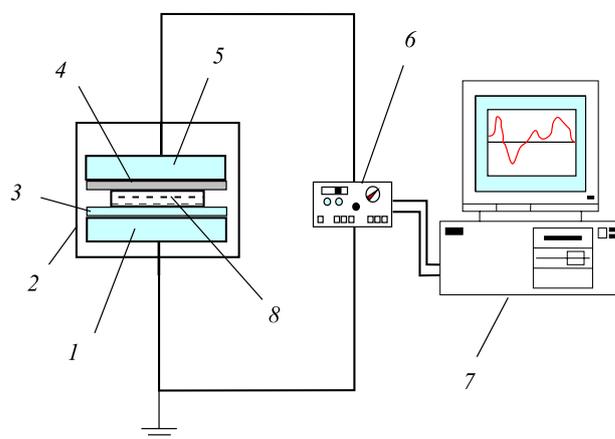


Рис. 1. Схема измерительного комплекса для регистрации ТСТ: 1 – нижний электрод (Al), 2 – разборный экран; 3 – нижняя прокладка (фольга Al); 4 – верхняя прокладка (тефлон); 5 – верхний электрод (Al); 6 – усилитель-преобразователь; 7 – персональный компьютер со специализированным программным обеспечением; 8 – анализируемый образец

Таблица 3. Характеристика исследуемых образцов тыквенного масла

Параметры	Фактические данные	
	образец № 1	образец № 2
<b>Наименование</b>	Масло тыквы пищевое нерафинированное	Масло тыквенное нерафинированное класс экстра
<b>Состав</b>	Масло тыквы 100 %	Масло тыквенное 100 %
<b>Цвет</b>	Насыщенный соломенно-желтый	Зеленый
<b>Вкус и аромат</b>	Слабо выраженный ореховый привкус, без посторонних запахов и горечи	Ярко выраженный оригинальный ореховый привкус, нежный аромат, без посторонних запахов и горечи
<b>Пищевая ценность на 100 г</b>	Жиры – 99,8 %	Жиры – 99,8 %
<b>Изготовитель</b>	ООО «Натуральные масла», Россия, Московская обл., г. Солнечногорск	ООО «Золотой кедр», Россия, г. Новосибирск
<b>ТНПА</b>	ТУ 9141-004-53909331-04 ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию»	СТО-81448490-002-2011
<b>Дата изготовления</b>	01.10.2014	23.11.2016
<b>Срок годности:</b> - на маркировке - на момент проведения эксперимента	18 мес.  9 мес.	12 мес.  11 мес.
<b>Вид и способ упаковки</b>	Стеклянная прозрачная бутылка номинальным объемом 250 мл, вложенная в плотно прилегающую картонную коробку	Стеклянная бутылка зеленого цвета номинальным объемом 250 мл

Параметры	Фактические данные	
	образец № 1	образец № 2
<b>Дополнительная информация на этикетке</b>	Отсутствует	Нанесена содержательная информация о показаниях к применению, особенностях состава (натуральный продукт, источник натуральных комплексов омега-3, -6, -9 и витаминов В1, В2, В3, D и E, не содержит ГМО, ароматизаторов, консервантов), приведен рекламный слоган «И пусть ваша еда будет единственным вашим лечением, и другого я не приемлю» (Гиппократ).
<b>Средняя цена в г. Гомеле (РБ) на момент покупки, USD</b>	3,5	12
<b>Место реализации</b>	Торговая сеть	Аптечная сеть

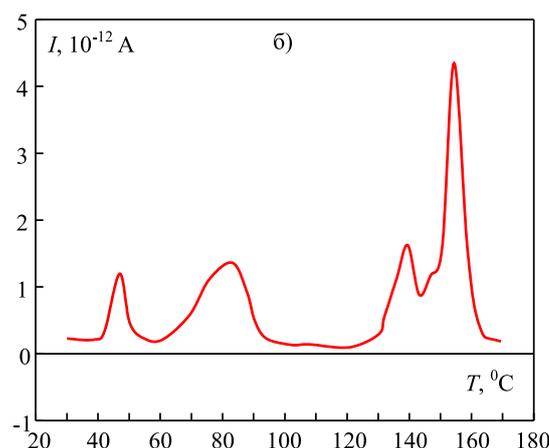
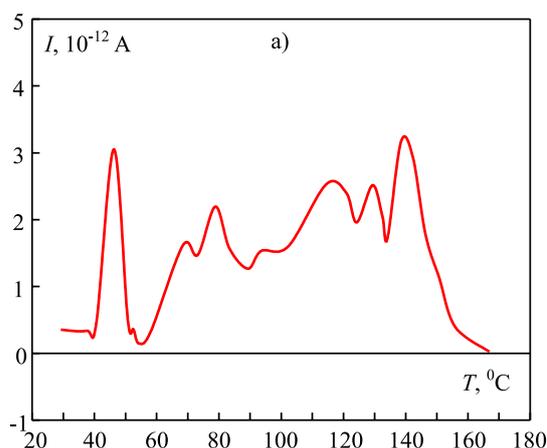


Рис. 2. Спектры ТСТ образцов тыквенного масла:  
а – образец № 1; б – образец № 2

Анализ полученных экспериментальных данных (рис. 2, а) позволяет сделать вывод о наличии на спектре ТСТ трех выраженных групп токовых пиков – низкотемпературные пики (как правило, один) в сравнительно узком диапазоне 40-50 °С, среднетемпературные пики (как правило, один, реже – два) в более широком диапазоне 65-90 °С, а также высокотемпературные пики (не менее двух) в диапазоне выше 130 °С. По нашему мнению, это согласуется с тремя видами жирных кислот, триглицериды которых преобладают в составе тыквенного масла: насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных [2, С.28]. Ранее в работах [4-7] высказано предположение о том, что производные отдельных кислот связываются в ассоциаты со специфической структурой. При этом наименее стабильными будут являться ассоциаты триглицеридов насыщенных кислот (тип 1), как содержащие наименьшее число активных центров, относительно стабильными – триглицеридов мононенасыщенных кислот (тип 2), а наиболее стабильными – триглицеридов полиненасыщенных кислот (тип 3). На основании изложенного справедливо соотнести низкотемпературную группу ТСТ с распадом малостабильных ассоциатов типа (1), среднетемпературную – типа (2) и высокотемпературную – типа (3). Характерно, что пик ТСТ, отвечающий ассоциатам типа (3), является мультиплетным, сдвинут в существенно более высокотемпературную область по сравнению с таковыми при исследовании

довании рапсового или оливкового масла [6, С.53; 7, С.161], а также имеет наибольшую интенсивность. Это может быть обусловлено следующими причинами:

- ♦ высокой термической стабильностью и значительным содержанием в тыквенном масле ассоциатов триглицеридов линолевой кислоты;
- ♦ способностью триглицеридов линолевой кислоты связываться в ассоциаты с триглицеридами других кислот, что усложняет структуру координационных связей и повышает стабильность кооперативных образований;
- ♦ вероятностью того, что в температурном диапазоне до 100 °С происходит не только термораспад малостабильных ассоциатов, но и рекомбинация триглицеридов различных кислот в более сложные и стабильные структуры, повторное разложение которых идёт при существенно более высоких температурах.

При анализе спектра ТСТ на рис. 2, б обращает на себя внимание перекрывание нескольких токовых пиков в среднетемпературной области. Вероятно, образец 2 отличается усложненным характером связывания триглицеридов в ассоциаты, которые могут содержать остатки кислот разных типов, а не одного, как предполагалось ранее. Подобное поведение может быть связано с особенностями производства масла, спецификой его рафинации, что выделяло образец № 2 еще на стадии сенсорной оценки качества. Данное предположение будет экспериментально проверено в ходе дальнейших исследований.

Современная мировая наука нацелена на получение фундаментальных знаний, на основе которых со временем можно создать некий коммерческий продукт [9]. Впервые проведенный эксперимент по ЭТА тыквенного масла иллюстрирует новое направление исследований свойств и показателей качества этого продукта. Несмотря на то, что метод ЭТА традиционно предназначен для исследования твердых электретов – преимущественно полимерных и керамических образцов, в настоящей работе показана его методологическая применимость для анализа жидких диэлектриков. Принципиально новая информация по растительным маслам, получаемая методом ЭТА – это электрофизическая характеристика образца в виде спектра ТСТ, имеющего токовые пики в определённых температурных диапазонах, характерных для данного вида масла. Накопление массива данных по спектрам ТСТ различных видов растительных масел создаст прочный фундамент для разработки новой методики определения видовой принадлежности масла либо фиксации в нем каких-либо нехарактерных признаков.

Экспериментально установлено, что в образце тыквенного масла фиксируется физическое поведение его жирнокислотных компонентов, сходное с поведением «замороженных» зарядов, высвобождающихся при нагревании классических электретов. Следует отметить, что представление о маслостабильных координированных структурах – ассоциатах, разрушающихся с формированием токового отклика, – является основанием для построения феноменологической модели процессов, реализующихся в изучаемой диэлектрической жидкости. Эти процессы в настоящей работе описываются гипотетически на основе фундаментальных представлений химии и физики конденсированного состояния.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Евтеева, Н. М.* Изучение стабильности тыквенного масла при хранении / Н. М. Евтеева // Масложировая промышленность. – 2012. – № 4. – С. 20-23.
2. Тыквенное масло: черное золото // Масложировая промышленность. – 2008. – № 6. – С. 27–28.
3. Справочник химика : в 7 т. / под ред. Б. П. Никольского. – Т. 2. – Л.: Химия, 1971. – 1168 с.
4. Экспериментальное обоснование выбора идентификационного признака пальмовых масел / Ж. В. Кадолич [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2015. – № 1 (10). – С. 99-103.

5. Кадолич, Ж. В. Тенденции производства и контроля качества растительных масел / Ж. В. Кадолич, С. В. Зотов, Е. А. Цветкова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 2. – Т. 20. – С. 74-78.
6. Рапсовое масло: значимость на рынке Беларуси, основные свойства и перспективный метод исследования / Ж. В. Кадолич [и др.] // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2015. – № 1 (18). – С. 50-55.
7. Кадолич, Ж. В. Анализ качественного состава оливкового масла методом электретно-термического анализа / Ж. В. Кадолич // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – № 3 (20). – С. 160-163.
8. Пластмассы и пленки полимерные. Методы определения поверхностных зарядов электронов: ГОСТ 25209-82. – Введ. 01.01.82. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1982. – 12 с.
9. Крючкова, А. Двигатель 2017-го / А. Крючкова // АиФ в Белоруссии. – 2017. – 21 февр. – С. 6.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 14.04.2017*

**Zh. V. Kadolich**

### **EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF APPLYING ELECTRET-THERMAL ANALYSIS METHOD FOR STUDYING PUMPKIN OIL**

The article deals with the concept of pumpkin oil being a healthy food. Using modern physical research methods helps to obtain new data on foodstuff properties. The author proposes to include the electret-thermal analysis method in the nomenclature of research methods for pumpkin oil properties evaluation. Pumpkin oil is a liquid dielectric substance being characterized by thermally stimulated currents when heating as it was experimentally established. Depolarization processes in oil samples can result from destructing coordinated structures, namely associates, which are formed by triglycerides of saturated and unsaturated fatty acids.

Keywords: pumpkin oil, electret-thermal analysis, spectra of thermally stimulated currents.