

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
НАНОТЕХНОЛОГИЙ  
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Минск  
БГАТУ  
2013

УДК 620.3:631.145

**Казаровец, Н. В.** Рекомендации по применению нанотехнологий в агро-промышленном комплексе / Н. В. Казаровец, И. Н. Шило, М. А. Прищепов [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2013. – 116 с. : ил. – ISBN 978-985-519-595-6.

Рассматриваются возможности практического применения нанотехнологий: в производстве растительного и животного сырья и продуктов питания из него; в методах генетической модификации сельскохозяйственного сырья и продуктов из него; в производстве упаковки пищевых продуктов. Анализируется формирование системы сбыта нанопродуктов в агропромышленном комплексе.

Предназначено для научных работников, руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, преподавателей и студентов учреждений образования, специалистов в области производства и переработки пищевого сельскохозяйственного сырья.

Табл. 6. Ил. 7. Библиогр.: 45 назв.

*Авторы:*

член-корреспондент НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. В. Казаровец*,  
доктор технических наук, профессор *И. Н. Шило*,  
доктор технических наук, доцент *М. А. Прищепов*,  
кандидат биологических наук, доцент *Л. А. Расолько*,  
аспирант *Е. С. Паикова*

*Рецензенты:*

доцент кафедры физико-химических методов сертификации продуктов УО «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент *З. Е. Егорова*;  
профессор кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», доктор технических наук, профессор *А. М. Мазур*

ISBN 978-985-519-595-6

© БГАТУ, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

---

ГЛОССАРИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	8
<b>1. КЛАССИФИКАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....</b>	<b>10</b>
1.1. НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ.....	12
1.2. НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТОДАХ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ИЗ НЕГО.....	26
1.3. НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	33
<b>2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....</b>	<b>35</b>
2.1. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ .....	35
2.2. СОЗДАНИЕ ПРОДУКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОУТРИЕНТОВ, НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ОБОГАТИТЕЛЕЙ.....	43
2.3. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПИЩЕВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ.....	61
2.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УПАКОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	76
<b>3. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОНТРОЛЬ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ ИНЖЕНЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ.....</b>	<b>90</b>

<b>4. ФОРМИРОВАНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ СИСТЕМЫ СБЫТА НАНОПРОДУКТОВ.....</b>	<b>100</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>105</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>111</b>

## ГЛОССАРИЙ

---

**Антиоксиданты** – антиокислители. Антиоксиданты препятствуют образованию разрушительных для организма продуктов – свободных радикалов окисления и продуктов перекисного окисления липидов мембран и оболочек.

**БАВ** – биологически активные вещества.

**БАД** – биологически активная добавка.

**Безопасность продукции** – соответствие продукции, процессов ее разработки, производства, хранения, реализации требованиям, предусматривающим отсутствие недопустимого риска причинения вреда жизни, здоровью человека.

**ГИД** – генно-инженерная деятельность.

**ГМИ** – генно-модифицированные ингредиенты.

**ГММ** – генно-модифицированные микроорганизмы.

**ГМО** – генно-модифицированные организмы.

**ДНК** – дезоксирибонуклеиновая кислота.

**ЖКТ** – желудочно-кишечный тракт.

**ЖЦИ** – жизненный цикл инноваций.

**ИНМ** – искусственные наноматериалы.

**Качество** – совокупность свойств и характеристик, которые обуславливают способность удовлетворить физиологические потребности человека при обычном их употреблении.

**Клонирование** – точное воспроизведение живого объекта в одной или нескольких копиях.

**Контроль качества** – проверка соответствия показателей качества установленным требованиям, определенным в соответствующих нормативных документах (стандартах, нормах, правилах и т. п.) или в технических условиях.

**КРС** – крупный рогатый скот.

**КСБ** – концентрат сывороточный белковый.

**Нанобиотехнология** – сфера биотехнологии, занимающаяся биообъектами и биопроцессами на молекулярном и клеточном уровнях.

**Нанотранспортные системы** – состоят из биосовместимых, биodeградируемых материалов, таких как пептиды, углеводы, мономерные липидов.

**Наночастицы** – наноразмерные комплексы определенным образом взаимосвязанных атомов или молекул.

**Новый вид продукции** – продукция, изготовленная на основе новой рецептуры или новой технологии, или нового сырья и отличающаяся от выпускаемой ранее основными органолептическими или физико-химическими показателями, пищевой и биологической ценностью, или впервые осваиваемая предприятием-изготовителем.

**Норма расхода материальных ресурсов** – максимально допустимое количество сырья и материалов для производства единицы продукции (туб, тонна), установленного нормативными документами качества.

**ОКП** – отраслевая классификация товаров.

**Оценка готовности новых и модернизированных производств к выпуску продукции на этих производствах** – определение технологической готовности изготовителя для осуществления заданных объемов выпуска новых видов продукции при выполнении требований к ее качеству, установленных в государственных стандартах, технической (конструкторской, технологической и др.) документации.

**Пищевой продукт** – объект растительного или животного происхождения, используемый в пищу в натуральном или переработанном виде в качестве источника энергии, пищевых или вкусоароматических веществ.

**Пищевая ценность** – вся полнота полезных качеств продукта, связанная с оценкой содержания в нем широкого перечня пищевых веществ.

**ПНЖК** – полиненасыщенные жирные кислоты.

**ПОЛ** – продукты перекисного окисления липидов мембран и оболочек клеток.

**Пребиотик** – физиологически функциональный пищевой ингредиент в виде веществ, обеспечивающий при систематическом употреблении в пищу человеком в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате избирательной стимуляции роста и повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника.

**Пробиотик** – физиологически функциональный пищевой ингредиент в виде полезных для человека живых микроорганизмов,

обеспечивающий при систематическом употреблении в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава микрофлоры кишечника.

**ПЦР** – полимеразная цепная реакция.

**Рецептура** – технологический документ на конкретное наименование продукции (группу однородной продукции), устанавливающий перечень и количественное соотношение применяемого сырья и полуфабрикатов.

**СанПиН** – санитарные нормы и правила.

**СРО** – свободные радикалы окисления. СРО и ПОЛ – активные вещества, способные нарушать в организме обменные процессы, повреждать жизненно важные молекулы и клеточные структуры.

**Стандарт** – технический нормативный правовой акт, содержащий технические требования к продукции, процессам ее разработки, производства, хранения, потребления.

**Техническое нормирование** – деятельность по установлению обязательных для соблюдения технических требований, связанных с безопасностью продукции, процессов ее разработки, производства, хранения, реализации.

**Технические требования** – технические нормы, правила, характеристики или иные требования к объектам технического нормирования.

**Технические условия** – технический нормативный правовой акт, разработанный и утвержденный юридическим лицом и содержащий технические требования к конкретному виду реализуемой им продукции, включая правила приемки и методы контроля.

**Технологическая инструкция** – технологический документ, который отдельно или в совокупности с другими техническими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления определенного вида или группы однородной продукции.

**Технологический контроль** – проверка соответствия установленных технологической документацией норм и требований при изготовлении продукции показателям технологичности (материалоемкости, энергоемкости, трудоемкости).

**ТЗ** – товарный знак.

**ТИЖК** – трансизомеры жирных кислот.

**ТНПА** – технические нормативно-правовые акты.

## ВВЕДЕНИЕ

---

Интенсивное развитие нанотехнологий на рубеже XX и XXI вв. многими экспертами считается началом третьей научно-технической революции. Впервые термин «нанотехнология» ввел японский ученый К. Танигучи при обсуждении проблем обработки материалов. В настоящее время национальные программы по развитию нанотехнологий приняты более чем в 60 странах мира. Лидирующие позиции занимает США, где еще в 2001 г. была утверждена Национальная нанотехнологическая инициатива (NNI), направленная на обеспечение приоритетного развития нанотехнологий как основы экономики и национальной безопасности США. Япония также уделяет значительное внимание развитию нанотехнологий и выделяет такие направления «прорыва» в нанонауке, как биотехнологии, информационные технологии, энергетика, экология и материаловедение.

В странах ЕС также проводятся исследования в области нанотехнологий в рамках соответствующих национальных программ. В Республике Беларусь тематический спектр исследований по нанотехнологиям охватывает в основном четыре научные отрасли: физико-математическая, техническая, химическая и биологическая. Пищевые нанотехнологии можно отнести к техническим и биологическим наукам, однако этой проблеме уделяется недостаточно внимания, хотя хорошо известно, что пищевые продукты – природные наноматериалы.

Инновационная деятельность на пищевых предприятиях требует нового подхода [1], направленного на удовлетворение потребителей. Основные направления инновационной деятельности в отраслях пищевых производств – маркетинговое, ассортиментное и технологическое – взаимосвязаны. И только при успешной реализации каждого из них предприятие может рассчитывать на успех.

Маркетинговые исследования белорусского рынка продовольственных товаров показали, что на фоне, казалось бы, достаточного ассортимента недостаточно продукции, изготовленной из местного сырья.

К особенностям технологических инноваций на перерабатывающем предприятии можно отнести:

- разработку ресурсосберегающей технологии подготовки растительного пищевого сырья в основное производство с максимальным сохранением его биологически ценных питательных веществ, максимально полезным выходом продукции и минимумом отходов;

- подбор и совершенствование тары для упаковки конечной продукции с целью максимального сохранения ее показателей качества во время хранения;

- разработку технологических приемов для удлинения сроков хранения конечной пищевой продукции без потерь качественных характеристик.

Промышленный централизованный подход к переработке пищевого сельскохозяйственного сырья и подготовке его в основное производство в отраслях пищевой промышленности позволит обеспечить безопасность продукции по всей технологической цепочке, как это прописано в СТБ ИСО 22000–2006.

В последующих разделах рекомендаций показаны основные направления использования нанотехнологий в производстве и переработке сельскохозяйственного сырья на пищевые продукты. С учетом жизненного цикла товара уделено внимание завершающей стадии – формированию системы сбыта нанопродуктов в агропромышленном комплексе.

## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

---

Нанотехнология – самый последний инновационный инструмент, предлагающий практически всем отраслям промышленности инновационные подходы для создания новых изделий с помощью перспективных современных технологий. Термин «нанотехнология» имеет широкое толкование, но в общем случае предполагает технологические манипуляции с исходными материалами на атомарном, молекулярном или макромолекулярном уровнях. «Нано» (*греч.* «нанос» – карлик) означает миллиардную долю. Один нанометр (1 нм) – это одна миллиардная доля метра. Из-за малого размера частиц, входящих в состав ИНМ, у искусственных наноматериалов появляются новые уникальные свойства, которые отсутствуют у веществ, представленных сплошными фазами или макроскопическими дисперсиями. Причина появления у ИНМ таких свойств – увеличение площади поверхности, что приводит к многократному усилению для одной и той же массы вещества процессов, обусловленных поверхностными (межфазными) взаимодействиями. В результате появляется характерное для наноматериалов значительное усиление взаимодействий с другими материалами и биологическими объектами. В частности, наночастицам присуща высокая способность проникать через биологические мембраны и физиологические барьеры организма [2]. По определению Международной нанотехнологической директории, нанотехнологии – это «разработка и применение устройств, структур и механизмов нанометрового масштаба». Одним из наиболее распространенных терминов наномира является термин «наноматериалы» [3, 4]. По степени структурной сложности наноматериалы подразделяют на наночастицы и наноструктурные материалы. Из множества наночастиц для пищевых нанотехнологий представляют интерес супермолекулы, биомолекулы, мицеллы и липосомы.

*Супермолекулы* состоят из «молекулы-хозяина» с пространственной структурой, в полости которого содержится «молекула-гость». Супермолекулы применяются в методах генетической модификации сельскохозяйственного сырья.

*Биомолекулы* представляют собой сложные молекулы биологической природы, характеризующиеся полимерным строением (например, белки, высокомолекулярные углеводы, антоцианы, полиненасыщенные жирные кислоты ряда омега-3 ( $\omega$ -3), омега-6 ( $\omega$ -6) и пр.). Они принимаются во внимание в процессе создания пищевых продуктов функционального назначения с использованием нанонутриентов, наноструктурированных пищевых добавок.

*Мицеллы* состоят из молекул поверхностно-активных веществ, образующих сфероподобную структуру. Используются в нанотехнологиях для упаковки пищевых продуктов.

*Липосомы*, состоящие из молекул особых органических соединений – фосфолипидов, образующих сфероподобную структуру, – находят применение в создании пищевых продуктов функционального назначения с использованием нанонутриентов, наноструктурированных пищевых добавок, а также в нанотехнологиях для упаковки пищевых продуктов.

Наноструктурные материалы подразделяются на консолидированные наноматериалы и нанодисперсии. Для перерабатывающей промышленности АПК представляют интерес:

- наноаэрогели (содержат прослойки наноразмерной толщины, разделяющие поры, находят применение в нанопакетке пищевых продуктов);
- нанопорошки (соприкасающиеся друг с другом наночастицы);
- наносuspensions (наночастицы, свободно распределенные в объеме жидкости);
- наноэмульсии (нанокapли жидкости, свободно распределенные в объеме другой жидкости);
- наноаэрозоли (наночастицы или нанокapли, свободно распределенные в объеме газообразной среды).

Вышеназванные наноструктурные материалы могут быть использованы при создании пищевых продуктов функционального назначения, при упаковке пищевых продуктов.

Биологические материалы сельскохозяйственного производства можно классифицировать как наночастицы: у микроорганизмов размер около 10 нм, у белков, аминокислот, антиоксидантов, витаминов размер молекулы может составлять 1–50 нм.

## 1.1. НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ

Основными инструментами биотехнологии для биологических процессов получения ценных продуктов питания, кормов, различных белково-витаминных добавок, лекарств являются наноразмерные объекты в диапазоне 1–100 нм. Многие биологические материалы классифицируются как наночастицы. Бактерии размерами 1–10 нм принадлежат миру мезоскопических масштабов, вирусы размерами 10–20 нм относятся к верхней части диапазона наночастиц, а белки размерами до 50 нм – к низшему нанометровому диапазону. Строительные блоки белков (аминокислоты) размером до 10 нм относятся к нижней официальной границе наноструктур. В природе имеется более 100 аминокислот, но только 20 из них используются организмами при синтезе белков. При формировании молекулы белка эти 20 аминокислот последовательно соединяются друг с другом прочными пептидными химическими связями и образуют длинные полипептидные цепи, содержащие сотни, а в отдельных случаях – тысячи аминокислот. В некотором смысле их можно уподобить нанопроволокам. В результате изгибов и сворачивания полипептидные нанопептиды упаковываются в сравнительно небольшой объем, соответствующий полипептидной наночастице с типичным диаметром 4–50 нм. Таким образом, белок – это наночастица, которая представляет собой упакованную определенным образом полипептидную нанопептидную цепь. Генетический материал (ДНК) также имеет структуру упакованной нанопептидной цепи. Ее строительные блоки – четыре нуклеотида, которые связываются в длинные двойные спиральные нанопептиды.

С помощью нанобиотехнологии возможно решение многих проблем экологии, здравоохранения, сельского хозяйства, нанoeлектроники, национальной обороны и безопасности (расшифровка генов человека, животных, растений, геновая инженерия, мониторинг окружающей среды, утилизация отходов, хранение и переработка сельхозпродукции, диагностика и лечение болезней). Свидетельством осознания возможностей и перспектив нанобиотехнологии являются высокие темпы роста инвестиций в эту область. В течение последних нескольких лет они ежегодно удваиваются [4].

Одно из самых перспективных направлений научных разработок в этой сфере – создание наноконструкций. Большинство растений и животных на 95 % состоит из четырех элементов: водород, кис-

лород, азот и углерод. Особенностью данных биологических нано-объектов является способность к распознаванию объектов на молекулярном уровне, что позволяет им легко собираться и связываться с другими молекулами.

Улучшение генетических свойств возделываемых культур является наиболее перспективным подходом, с помощью которого производство продукции сельского хозяйства способно удовлетворить предъявляемые к нему требования. Для развития нанотехнологий в селекции сельскохозяйственных растений изучаются и разрабатываются приемы и методы, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие в себя компоненты размерами менее 100 нм. В современных условиях развития наукоемкого техногенного сельскохозяйственного производства молекулярно-генетические методы нанобиотехнологий позволяют принципиально расширить и дополнить используемые эколого-географические и морфолого-биологические методы традиционной селекции [5, 6]. Нанобиотехнологии, как и классическая селекция, могут оперативно влиять на производство и качество урожая, продуктивность растений, на поддержание и воспроизводство сортов, используя генетическую изменчивость и разнообразие, закодированное в нанометровом масштабе в ДНК. Благодаря развитию и применению новых нанобиотехнологических методов появились не только рекомбинантные молекулы ДНК, но и новые организмы с заданными свойствами, способные ускорить и упростить сельскохозяйственное производство, добиться масштабного получения новых сортов растений и сельскохозяйственных материалов.

### **Нанотехнологии в растениеводстве**

Нанотехнология может внести существенный вклад в улучшение сопротивляемости культур неблагоприятным погодным условиям, стрессовым ситуациям, а также в борьбе с болезнями и вредителями. Поэтому одним из основных направлений нанобиотехнологии растений в настоящее время является получение культурных растений, толерантных к воздействию вредных веществ. Например, гербициды широкого спектра действия, уничтожая сорные растения, оказывают угнетающее действие и на культурные посевы. Решение данной проблемы ведется в двух направлениях: прямая селекция и создание трансгенных растений путем введения генов

гербицид-толерантности любого происхождения. Существуют четыре подхода к созданию гербицид-толерантных культур: позволяющие уменьшить поглощение гербицида растением; обеспечить синтез чувствительного к гербициду белка в таком количестве, чтобы его хватило на выполнение присущих ему функций в присутствии гербицида; уменьшить способность белка, чувствительного к гербициду, к связыванию; обеспечить инактивацию гербицида в растении в ходе метаболизма [7, 8].

Эффективность применения нанотехнологий в растениеводстве оценивается повышением урожайности сельскохозяйственных культур, сокращением затрат на вспомогательные реактивы, снижением затрат энергии, увеличением сохранности урожая и пр.

*Предпосевная обработка семян зерновых культур электромагнитным полем сверхвысокой частоты.* Признаком нанотехнологии – использование электромагнитного излучения наночастотного диапазона. Технология повышает эффективность использования запасных веществ эндосперма на формирования проростков на 6–10 % (увеличивается водопоглощение семян и гидролиз запасных частей эндосперма, энергия прорастания семян). Все это ускоряет развитие растений на ранних этапах и, как следствие, увеличивает урожайность. По сравнению с обработкой ядохимикатами, энергоёмкость процесса снижается в 15–20 раз, а его продолжительность – на 2–3 порядка.

*Синтез биологически активных нанопорошков железа.* Признаком нанотехнологии – применение биологически активных нанопорошков. Целью применения биологически активных нанопорошков железа является активизация ферментативных систем растений за счет экологически чистых и безопасных препаратов.

Эффективность подтверждена масштабными испытаниями, которые установили, что урожайность зерновых культур повышается в среднем на 15 %, зеленой массы растений – на 25 %, клубнеплодов – на 30 %. При этом увеличивается содержание клейковины в зерне, масла – в семенах подсолнечника и незаменимых аминокислот – в листостебельной массе кормовых культур. Расход нанопрепарата незначителен и составляет около 3 г на 1 т семян [6–8].

*Обработка семян растений нанокристаллическими металлами.* Признаком нанотехнологии – использование биопрепаратов на основе нанокристаллических металлов (ультрадисперсных порошков).

Нанокристаллические металлы – биопрепараты нового поколения – обладают уникальными свойствами: они экологически чистые, экономически выгодные, а также способствуют более эффективному повышению продуктивности сельскохозяйственных растений и животных. Новые препараты нашли применение в растениеводстве для предпосевной обработки семян растений, что позволило повысить урожайность сельскохозяйственных культур в среднем на 20–32 %.

Для обеспечения продовольственной программы в Беларуси и других странах в растениеводстве используются стимуляторы роста растений и активизации обменных процессов – микроэлементы. В связи с этим возникает необходимость замены солей металлов (удобрений) такой формой состояния, которая будет оказывать меньшее загрязняющее влияние на окружающую среду и обеспечит минимальные требования к концентрации, используемой для обработки растений и семян. Такой формой являются ультрадисперсные порошки металлов (УДПМ).

Оптимальные концентрации УДП железа, кобальта и меди позволяют использовать их как микроудобрения, повышающие накопление биологически активных соединений на 25–30 %, что на 49 % улучшает кормовую ценность растений, следовательно, и физиологическое состояние животных, и стимулирует кроветворную, иммунную и ферментную системы животных.

Использование кормов, выращенных с применением УДПМ или обработанных растворами нанокристаллических металлов, увеличивает убойную массу животных на 18–25 %, что позволяет предприятию получить дополнительную выручку от реализации мяса. При этом уменьшается падеж и снижается заболеваемость животных.

*Использование нанопорошков металлов в растениеводстве.* Признак нанотехнологии – использование микроэлементов в виде нанопорошков. Технология предназначена для защиты семян в почве на экологически чистой основе, без нарушения генома наследственности, что повышает урожайность растений.

Растения, выращенные по этой технологии, отличаются высоким содержанием микроэлементов, что позволяет получать полноценный корм для животных. (Указанная технология используется при выращивании кукурузы в ряде хозяйств Московской области России [5].)

По сравнению с традиционными протравителями семян нанопорошки гарантируют:

- безопасность композиций при предпосевной обработке семян;
- совмещение функций протравителя и регулятора роста;
- обеспечение минимально гарантированной прибавки урожая: 5 % по сравнению с технологией выращивания сельскохозяйственных культур с использованием лучших протравителей;
- возможность регулирования микроэлементного состава протравителей в зависимости от микроэлементного состава местных почв;
- возможность размещения промышленных производств в основных кормо- и зернопроизводящих областях страны.

Экономический эффект при серийном производстве складывается из трех составляющих:

- 1) разница между ценами лучших отечественных и импортных производителей семян и перспективных протравителей на основе наноматериалов;
- 2) стоимость прибавки урожая, полученная при применении перспективных протравителей, по отношению к урожайности в контроле, когда использовались лучшие традиционные протравители семян;
- 3) налоговые поступления в местный бюджет от регионального предприятия, выпускающего перспективные протравители. Денежные средства остаются в регионе, а не используются на закупку препаратов у зарубежных компаний.

Составляющая экономической эффективности, связанная со снижением уровня вредных воздействий на среду обитания, не оценивается.

*Генотипическое маркирование технологических свойств зерна пшеницы по белкам зерна.* Признак нанотехнологии: работа с наночастицами – белками (размером 4–50 нм), аминокислотами (размером около 1 нм), генетическим материалом (ДНК), имеющим структуру упакованной нанопептида.

Разработка направлена на выяснение связи между составом водо-, соле-, спирторастворимых белков и технологическими свойствами зерна (физико-химические и хлебопекарные показатели зерна, структурно-механические свойства теста и пр.) у различных генотипов мягкой пшеницы, включая новые сорта.



*Нанесение нанопористой пленки на поверхности семян.* Признак нанотехнологии – использование нанопористой пленки.

Технология предназначена для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, экологизации системы применения биологически активных веществ при выращивании растений в южных зонах неустойчивого увлажнения на деградирующих, в том числе и засоленных, почвах. Технология обладает селективностью в отношении проникновения солей, рострегулирующим действием по отношению к сельскохозяйственным культурам, оптимизирует воздушный и гидрологический режимы хранения и прорастания семян. Это достигается созданием нанопористой пленки из сополимеров – производных сим-триазина, которые значительно превосходят по эффективности применяемые аналоги: поливиниловый спирт, поливинилпирролидон, гетероауксин.

Применение нанопористой пленки позволяет повысить урожайность на 10–12 %, а себестоимость снизить в 2,5 раза по сравнению с аналогами, с учетом снижения нормы применения на 1 га [5–8].

*Разработка нанобиотехнологических биосенсоров для оценки эффективности бактерицидов против фитопатогенных бактерий.* Признак нанотехнологии – нанобиотехнологические биосенсоры на основе применения зеленого флуоресцентного белка для оценки эффективности применения бактерицидов против фитопатогенных бактерий.

Разработка позволяет снизить затраты времени и средств на скрининг новых бактерицидных соединений и средств защиты растений от бактериальных болезней, разработать нанобиотехнологические биосенсоры на основе применения зеленого флуоресцентного белка для оценки эффективности применения бактерицидов против фитопатогенных бактерий.

*Нанoeлектронные устройства для диагностики болезней и защиты растений.* Признак нанотехнологии – разработка комплекса нанoeлектронных «лабораторий на чипе» с биосенсорами.

Цель – мониторинг зараженности зерна микотоксинами плесневых грибов, создание наноадсорбентов и оборудования для поточной очистки партий зерна от микотоксинов.

В процессе разработки созданы:

– система электронных наноприборов для определения видов плесневых грибов и степени зараженности зерна;

– трехстадийные технологии очистки зерна от микотоксинов и спор грибов;

– схема информационного контроля зараженности зерна на объектах.

Использование разработанных устройств позволило повысить качество продовольственного зерна, устранить его потери более чем на 2 млн т, сократить заболевания и падеж скота [5].

*Использование полимерных композитов.* Признак нанотехнологии – использование наноматериалов (кремний-органических соединений), полученных с помощью матричного синтеза.

Полимерные композиты предназначены для повышения эффективности применения пестицидов и физиологически активных веществ на основе конструирования наноструктуры базовой матрицы с использованием технических средств наноконтроля.

Опытная проверка эффективности использования добавок кремнийорганических соединений была проведена в полевых условиях. Установлено, что введение в водные растворы гербицидов (утала и сангора) с применением кремнийорганических соединений (тетраэтоксисилана и этоксиполисилоксана) позволяет значительно сократить норму расхода гербицидов (на 25–30 %), что уменьшает загрязнение окружающей среды, способствует получению экологически чистой продукции [5, 7].

*Синтез наноудобрений на основе хелатов биоктивных лигандов с микроэлементами.* Признак нанотехнологии – использование наноудобрений на основе хелатов. Технология предназначена для синтеза высокоэффективных, экологически безопасных, с низкой себестоимостью микроудобрений на основе наноматериалов.

Наноудобрения на основе комплексных соединений биоактивных лигандов с микроэлементами получают путем электрохимического синтеза с использованием импульсного тока регулируемой амплитуды. В качестве лигандов используют производные поликарбоновых оксикислот (янтарной, лимонной, винной), аминокислоты, этилендиаминтетрауксусную кислоту, ароматические кислоты, что позволяет значительно повысить эффективность некорневых подкормок наноудобрениями при снижении концентраций рабочих растворов в десятки раз по сравнению с нехелатными формами микроэлементов.

Технология получения наноудобрений имеет замкнутый цикл с низким количеством отходов, кроме того, получаемые соединения могут использоваться в виде некорневых подкормок с концентрацией микроэлементов в рабочем растворе ниже 0,1 %, что снижает загрязнение продукции и окружающей среды металлами по сравнению с другими формами их внесения [5–9].

*Сортовая и региональная адаптация технологии комплексного управления биоценозом в растениеводстве на основе целенаправленного квантово-резонансного перевода атомов и молекул в заданное селективно-возбужденное состояние.* Признак нанотехнологии – селективное управление биохимическими процессами на атомно-молекулярном уровне.

Технология предназначена для повышения эффективности растениеводства в сельскохозяйственном производстве на основе селективного управления биохимическими процессами на атомно-молекулярном уровне.

На основе этой технологии могут быть решены следующие задачи:

- повышение устойчивости культур к действию стрессовых погодно-климатических факторов;
- повышение качества (всхожести и энергии прорастания) посевного материала;
- сокращение сроков вегетации растений;
- повышение урожайности и качества продукции;
- снижение интенсивности деградации при репродукции культуры;
- снижение норм внесения удобрений за счет повышения коэффициента их усвоения растениями;
- повышение эффективности протекторных препаратов.

В области растениеводства технология имеет название ССФ-Агро, и ее применение повышает качество объекта воздействия (семенного материала, почвы, удобрений, химических препаратов и т. д.).

Применение технологии обеспечивает рост прибыли не менее чем на 15 % [5, 6].

*Нанотехнологии в системах точного земледелия.* Признак нанотехнологии – изучение на наноуровне закономерностей развития почвообразовательного процесса. Это необходимо для выявления методических подходов к управлению параметрами плодородия

почв сельскохозяйственного использования и разработки практических приемов их оптимизации, с целью максимизации фитопродуктивности и устойчивого развития агроэкосистем в системах точного земледелия. Такие исследования служат основой для разработки прецизионных ресурсосберегающих экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур для реализации потенциала их продуктивности.

*Система нанофильтрации для проточной гидропоники.* Признак нанотехнологии – использование фильтров, содержащих наночастицы серебра, которые обладают высокой бактерицидной активностью.

При выращивании зеленых овощей, богатых витаминами, микроэлементами и экозащитными компонентами, наиболее широко применяется проточная тонкослойная (пленочная) гидропоника. Достоинством метода гидропоники является создание оптимальных условий для роста корневой системы. Растения постоянно получают достаточное количество влаги, питательных элементов и обеспечиваются кислородом воздуха, что способствует получению высоких урожаев выращиваемых культур.

Преимущества проточной гидропоники, не использующей субстраты (заменители почвы), во многом определяются качеством питательного раствора, который зависит от состава воды. Для ее очистки целесообразно использование фильтров, содержащих наночастицы серебра, которые обладают высокой бактерицидной активностью. Предусматривается также очистка отработанного питательного раствора перед сбросом в природные водоемы [8].

*ДНК-диагностика гена устойчивости томата к вертициллезу на основе флуоресцентных маркеров (красителей).* Признак нанотехнологии – применение ДНК-маркеров в селекционном процессе.

Распространение и развитие сосудистых заболеваний растений, в частности вертициллеза, сложно контролировать, и наиболее эффективный метод борьбы с ними – выведение устойчивых сортов и гибридов, что достигается применением эффективных ДНК-маркеров в селекционном процессе.

Данная методика позволяет ускорить селекционный процесс в 2 раза, повысить конкурентоспособность отечественных производителей семян и убрать пестицидную нагрузку при выращивании экологически чистой продукции овощеводства [3, 7, 8].

*Разработка диагностикумов выявления опасных фитопатогенов в семенах и посадочном материале картофеля, земляники и огурца.* Признак нанотехнологии – использование флуоресцентных нанотехнологий и ПЦР-анализа.

Создание диагностикумов предназначено для выявления вирусных, виридных и бактериальных инфекций в семенах и посадочном материале картофеля, земляники и огурца с использованием нанобиотехнологий.

Ежегодный урон, наносимый сельскому хозяйству болезнями и вредителями, составляет в перерасчете на зерновые до 70 млн т [8]. Систематическая диагностика возбудителей, передающихся с семенным материалом, позволяет элиминировать или значительно уменьшить их распространение.

Анализ посадочного материала позволит проводить своевременную выбраковку зараженного материала. Особенно это актуально в случае получения оздоровленного посадочного материала картофеля и земляники методами биотехнологии.

Разработанная методика позволяет снизить затраты на диагностику посадочного материала почти в 2 раза [5, 6].

*Многоцелевая установка для приготовления электроактивированного экологически чистого консерванта.* Признак нанотехнологии – использование процессов активации накопления в электроактивированных водных растворах наночастиц.

Установка предназначена для приготовления экологически чистого консерванта на основе электроактивированных водных растворов анолита с pH 1,5–3,5; католита – с pH 7–12. Используются технологии получения и применения электроактивированных водных растворов на основе процессов активации накопления в растворе микро- и наночастиц за счет двойного электрического слоя и высокого напряжения в десятки тысяч вольт. За счет восстановительных (антиоксидантных) свойств электроактивированных растворов можно стимулировать рост растений (при обработке семян), улучшать усвояемость пищи животными и снижать количество заболеваний (при поении), повышать сохранность силоса и сенажа при хранении.

Получение электроактивированных растворов на высокорентгенобельной установке позволяет отказаться от дорогостоящих и экологически опасных химических консервантов, применяемых для заготовки силоса.

Использование активированной воды в качестве консерванта силоса позволяет повысить: сохранность силоса – на 13 %, питательность корма – на 10–15, удои при скармливании рапсового силоса – на 8–10, среднесуточный привес КРС – на 15–18 %.

На обработку 1 т силосуемой массы требуется 10–15 л консерванта [5–7].

*Производство обогащенного зеленого корма с использованием наносреды.* Признак нанотехнологии – использование питательной наносреды, содержащей микроудобрения в хелатной форме, для обогащения зеленого корма. Способ применения наносреды – замачивание семян, некорневая подкормка, полив.

Технология предназначена для повышения эффективности гидропонного кормопроизводства. Может быть использована при производстве обогащенного макро- и микроэлементами зеленого корма в условиях фермерских хозяйств, госплемзаводов, птицеводческих комплексов.

Технология позволяет обогащать зеленый корм макро- и микроэлементами за счет использования питательной наносреды, содержащей микроудобрения в хелатной форме (с точно сбалансированным соотношением всех элементов, производимых из чистых сырьевых материалов). Преимущества перед аналогами: высокая степень усвоения растениями за счет эффективной хелатной формы макро- и микроэлементов, повышение урожайности, улучшение качества корма, увеличение эффективности производства и потребления корма, сокращение срока окупаемости инвестиций [5–6].

*Обработка семян магнитным полем в процессе сушки.* Признак нанотехнологии – использование электромагнитного излучения наночастотного диапазона. Разработанная технология снижает удельную энергоемкость сушки до 25 % [8, 9].

*Электроимпульсное СВЧ-уничтожение вредителей – насекомых и болезней.* Признак нанотехнологии – использование электроимпульсного СВЧ-излучения. Технология обеспечивает увеличение сохранности урожайности в среднем на 20–40 % за счет уменьшения потерь от насекомых-вредителей; качество урожая не снижается [8].

## Нанотехнологии в животноводстве

Эффективность применения нанотехнологий в животноводстве оценивается снижением заболеваемости и падежа птицы, телят, повышением прироста живой массы, снижением бактериальной загрязненности, сокращением времени диагностики, ускорением выздоровления животных при лечении резаных и ожоговых ран.

*Диагностирование болезней животных.* Признак нанотехнологии – использование нанопорошков металлов (биоэлементов) в методе иммуноферментного анализа. Метод предназначен для стимуляции и контроля состояния животного организма.

Продолжительность диагностики сокращается на 20 суток на одну голову, яловость по стаду понижается на 5–10 %, годовой доход от выхода телят повышается на 5–10 % от 100 коров [3, 5–7].

*Метод профилактики заболеваний молодняка сельскохозяйственных животных с использованием наноразмерных частиц биоцидных металлов.* Признак нанотехнологии – использование металлов в форме ультрадисперсных нанопорошков (УДНП), их смесей и сплавов.

Метод предназначен для профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта молодняка сельскохозяйственных животных.

Сущность разработки перспективных биоцидных нанопрепаратов заключается в том, что вместо традиционных действующих веществ, высокотоксичных синтетических соединений применяются индивидуальные металлы в форме ультрадисперсных нанопорошков (УДНП), их смесей и сплавов.

Использование наноразмерных частиц биоцидных металлов снижает заболевание диспепсией телят и поросят-сосунков [5–7].

*Наноидальная технология получения комплексного лекарственного средства «Содэхин К-75», пробиотического препарата «Белавет».* Признак нанотехнологии – использование наноидальных мембран.

Технология предназначена для получения комплексного лекарственного средства, применяемого в животноводстве для повышения иммунобиологической резистентности, предупреждения бесплодия и получения здорового приплода крупного рогатого скота.

Использование комплексного средства перорально позволило снизить: у телят – респираторные заболевания и случаи возникновения диспепсии, у коров и телок – предупредить бесплодие, развитие маститов.

Преимущества по сравнению с аналогами заключаются в более низкой стоимости, безвредности, широком спектре применения с профилактической и лечебной целью (лечение ран, абсцессов, диспепсии, острых респираторных заболеваний, маститов, эндометритов, бесплодия) [3, 5–7].

*Наноманипуляторные модели из эмбрионально-плацентарных жидкостей и тканей.* Признак нанотехнологии – использование наночастиц эмбрионально-плацентарных жидкостей и тканей.

Модели предназначены для лечения, иммунизации, диагностики больных сельскохозяйственных животных, генетического воздействия на них.

Использование препаратов с наночастицами при лечении коров (при внутримышечном введении) позволяет повысить оплодотворяемость на 8–10 % и обеспечивает выздоровление новорожденных телят с диспепсией на 14 % больше по сравнению с контрольной группой.

При лечении резаных и ожоговых ран выздоровление животных наступает через 7 дней [3, 6–8].

*Ионизация и озонирование воздушной среды с помощью электроозонаторных установок.* Признак нанотехнологии – использование ионизирующего излучения.

Методы предназначены для обеззараживания и дезодорации воздушной среды животноводческих помещений и овощехранилищ.

Технологический процесс осуществляется с использованием принципа получения активированной воздушной среды за счет химических реакций, протекающих в электрическом газовом разряде.

Использование установок в производственных условиях позволяет снизить бактериальную загрязненность на 80–85 %, содержание аммиака – на 70–75 %. Заболеваемость поросят уменьшается на 6–7 %, привесы увеличиваются на 20–24 % [5, 6].

*Биорезонансная технология воздействия спектром электромагнитных частот.* Признак нанотехнологии заключается в том, что

биорезонансная технология является частным аспектом нанотехнологий и основана на воздействии биологически активных веществ – витаминов, гормонов, ферментов, микроэлементов.

Технология может быть использована с целью создания экологически безопасного метода повышения продуктивности сельскохозяйственной птицы.

Качество мяса цыплят, полученное с применением биорезонансной технологии, имеет преимущество по большинству исследованных показателей. Особый интерес представляет соотношение протеина и жира, где содержание протеина увеличилось на 7 %, а содержание жира сократилось до 26 % к контролю. Увеличилось содержание дефицитных микро- и макроэлементов; усвоение кальция улучшилось на 12,5 %, железа – на 36,6 %, меди – на 185, натрия – на 44 % [7, 8].

*Нанoeлектронные устройства диагностики и лечения заболеваний животных. Признак нанотехнологии (указан в заголовке).*

Разрабатывается биоинженерный ряд нанoeлектронных «лабораторий на чипе» с биосенсорами для сверххранной диагностики заболеваний коров маститом и устройств адресной доставки нанoleкарства к больному органу.

Разработка дает возможность создать:

- биоинженерный ряд нанoeлектронных «лабораторий на чипе» с биосенсорами для сверххранной диагностики заболеваний коров маститом;
- устройства адресной доставки нанoleкарства к больному органу;
- методику внедрения в производство перевязочных бактерицидных материалов для ветеринарии с покрытием из наночастиц металлов [3];
- методику лечения сверххранных форм мастита безопасными, экологически чистыми природными лечебными средствами [7–9];

Возможности нанотехнологий и наноматериалов для животноводства не ограничены вышеназванными позициями. Так, продолжают работы по нанотехнологии в ветеринарной вакцинопрофилактике, применению лазерного томографа, нормализации обменных процессов комплектами биометаллов с витаминами и аминокислотами и пр.

## 1.2. НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТОДАХ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ИЗ НЕГО

### Нанобиотехнологии и генетически модифицированные организмы

В основе нанобиотехнологий используют генно-модифицированные организмы.

ГМО – это любое образование, способное к воспроизводству или передаче наследственного генетического материала, отличное от природных организмов, полученное с применением методов генной инженерии и содержащее генно-инженерный материал, в том числе гены, их фрагменты или комбинации. ГМО – это генно-инженерная субстанция, содержащая в генетическом аппарате фрагменты ДНК из любых других живых организмов. Для получения ГМО используется генная технология, или генная инженерия.

Генная инженерия позволяет переносить отдельные гены любого живого организма в другой любой живой организм. В природе подобный путь передачи генетической информации невозможен. Организмы, подвергшиеся генетической трансформации, называют трансгенными. Ими могут быть растения, животные, микроорганизмы, вирусы. Их генетическая программа изменена с помощью методов генной инженерии. Трансгенными называют те виды растений, в которых успешно функционирует ген, пересаженный из других видов растений или животных. Делается это для того, чтобы растение-реципиент получило новые, удобные для человека свойства, повышенную устойчивость к вирусам, гербицидам, к вредителям и болезням растений. Пищевые продукты, полученные из таких генноизмененных культур, могут иметь улучшенные вкусовые свойства, выглядеть привлекательнее и дольше храниться. Кроме того, генно-модифицированные растения часто дают более богатый и стабильный урожай, чем их природные аналоги.

Главной причиной распространения ГМО в сельском хозяйстве является упрощение агротехнологии, а значит, и удешевление производства продукции. Устойчивость к пестицидам ГМ-сортов растений позволяет использовать на сельхозугодиях больше пестицидов, облегчая механизированный уход за посевами. Использование ГМ-продуктов в животноводстве позволяет превратить его в индустриальное.

стрию по производству животного белка. Все это обеспечивает приличную экономическую выгоду производителям ГМО. А если к этому добавить, что население Земли (по прогнозам) к 2025 г. может достигнуть 8,5 млрд чел., то вполне понятны утверждения ученых и специалистов, что в XXI в. необходимо развивать новейшие достижения нанобиотехнологий.

В различных странах на национальном уровне разработана нормативно-правовая и методическая база для оценки пищевой безопасности и возможности реализации населению на пищевые цели продукции из ГМО. При этом оценка ГМО по критериям безопасности предусматривает два основных направления: исследование биобезопасности ГМО, а также определение пищевой безопасности ГМО и продуктов питания из них.

Создание, оборот и реализация ГМО связаны с множеством рисков для живой природы и человека [10, 11]:

1. Перенос генов: в дикорастущие виды растений, не генно-модифицированные культуры, внедрение в пищевые цепи, устойчивость к антибиотикам.

2. Угроза для окружающей среды: толерантность к насекомым, толерантность к гербицидам, появление новых сорняков и вредителей, переход традиционных вредителей на новые культуры, нарушение естественного контроля всплеск численности вредителей, истощение и нарушение естественного плодородия почв (ГМ-растения с генами, ускоряющими рост и развитие, значительно истощают почву и нарушают ее структуру, а в результате подавления токсинов ГМ-растений жизнедеятельности почвенных беспозвоночных, почвенной микрофлоры и микрофауны нарушается естественное плодородие).

3. Устойчивость к вирусам: образование нового вируса, усиление симптомов заболеваний, изменение структуры оболочки вируса.

4. Пищевая опасность: повышенная аллергенность, сниженная чувствительность к антибиотикам; мутагенность, изменение иммуномоделирующих свойств; эмбриотоксичность.

Кроме возможных вышеперечисленных рисков имеются также проблемы экономического и нравственного направления, связанные с правом собственности компаний за созданные ими ГМО, и постепенный переход на новые условия ведения хозяйства.

Большинство трансгенных организмов бесплодны, поэтому семена нужно каждый раз покупать у компаний – производителей

лей ГМО. Но бесплодны не только семена, таковыми могут стать и потребители ГМО [10, 11].

В производстве пищевых продуктов используют бактерии, дрожжи, грибы, которые применяют как для ферментации (сбраживания), так и для создания биологически активных добавок к пище. С помощью генно-инженерных технологий теперь создают генно-модифицированные микроорганизмы. Их стали использовать в пищевой промышленности в качестве продуцентов пищевых добавок (ферментов, консервантов) и ряда микронутриентов (витаминов, органических кислот и др.), которые на конечном этапе обязательно должны быть свободны от присутствия технологической микрофлоры. В качестве стартерных культур для ферментации (сбраживания) пищевого сырья разрешены к применению три штамма дрожжей *Saccaromyces cerevisiae* со встроенными генами амилазы. Из них только один рассчитан на присутствие в живом виде в конечном продукте – пиве (страны ЕС).

В генной инженерии донорами чаще всего служат представители тех же видов или родов микроорганизмов (например, гены из *Aspergillus niger* переносятся в другие штаммы *Aspergillus niger*).

В этом – отличие создания ГММ от ГМО растений.

Изготовитель пищевой продукции, полученной средствами биотехнологии, обязан декларировать наличие генно-инженерных модификаций у штаммов, используемых для производства продуктов. Такие продукты делят на три группы:

1. Продукты, содержащие ГММ в живом состоянии (закваски и стартовые культуры, кисломолочные и пробиотические продукты, сыры, напитки брожения и пиво непастеризованное, мясопродукты, изготовленные с использованием стартовых культур).

2. Продукты, содержащие нежизнеспособные ГММ, которые в процессе технологии были инактивированы (напитки брожения, пиво пастеризованное, термизированные кисломолочные продукты).

3. Продукты, которые в процессе производства были освобождены от технологических ГММ (ферментные препараты, белки и пр.).

В соответствии с требованиями Директивы ЕС 1139/98, продукты питания из ГМО или продукты, содержащие их в виде ингредиентов, должны быть снабжены специальными этикетками. Правила Европейского Союза предусматривают маркирование всех продуктов, содержащих более 0,9 % ГМ-ингредиентов. Сегодня обсужда-

ется понижение этого показателя до 0,5 %. В России этот порог до 1 июня 2004 года составлял 5 %, а теперь снижен до 0,9 %. В США необходимость в специальной маркировке продуктов питания, содержащих ГМ-компоненты, вообще не оговорена. Некоторые страны, в том числе Франция, Италия и Греция, требуют маркирования всех пищевых продуктов, содержащих любое количество чужеродных компонентов. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) ввела мораторий на использование ГМ-источников в питании детей до четырех лет.

В Республике Беларусь опытное производство генно-модифицированных организмов также налажено в растениеводстве и животноводстве.

Как и в мировом сообществе, в Республике Беларусь использование ГМ-продуктов в пищу официально не запрещено, но их влияние на здоровье человека пока до конца не изучено. Современные регламенты производства любых продуктов питания не ограничивают содержание в них трансгенных растительных белков, а только требуют их маркирования. В условиях конкуренции с производителями экологически чистой продукции поставщики ГМ-продуктов находятся в невыгодном положении, так как мало кто из покупателей захочет рисковать своим здоровьем и здоровьем потомства. Вот поэтому на упаковке продукции практически отсутствует информация о наличии в ней ГМ-ингредиентов, хотя они там и встречаются (по результатам анализов соответствующих государственных организаций).

Постановление, обязывающее производителей маркировать продукцию, где есть ГМО, имеется, а жестких механизмов контроля по выполнению постановления пока еще нет.

### Нанотехнологии и трансизомеры

Известно, что питание человека оказывает огромное влияние на продолжительность его жизни.

Анализ зависимости возникновения и развития сердечно-сосудистых заболеваний от питания показывает, что наибольшее влияние на этот процесс оказывают потребляемые нами жиры и масла как в свободном виде, так и в составе продуктов питания (так называемый скрытый жир).

Но при этом жиры являются обязательным компонентом питания человека: снабжая организм энергией, участвуя в образовании

мембран всех клеток и клеточных органелл, в защите внутренних органов и нервных окончаний от внешних воздействий, они также служат источником незаменимых веществ. Поэтому потребление жиров должно составлять 30–33 % от суточной калорийности дневного рациона. Но нашему организму не все равно, какие жиры ему потреблять.

Для нормальной работы организма содержание насыщенных жиров (животных и твердых растительных масел) не должно превышать 10 % от суточной калорийности рациона (эти жиры снабжают организм энергией, участвуют в транспорте холестерина к местам его метаболизма). При этом обязательно потребление полиненасыщенных жирных кислот (омега-3 и омега-6) и оно должно составлять 6–10 % от суточной калорийности дневного рациона (табл. 1). Для питания большинства белорусов характерно избыточное потребление насыщенных жиров и наличие острого дефицита омега-3 жирных кислот.

Таблица 1

Нормы физиологического потребления жиров

Компонент	% от суточной калорийности
Общий жир	30
Насыщенные жирные кислоты	Не более 10
Мононенасыщенные жирные кислоты	10
Полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе:	6–10
ПНЖК омега-6	5–8
ПНЖК омега-3	1–2
Трансизомеры жирных кислот	Не более 1

Помимо этого есть еще одна опасность для здоровья – высокое содержание транс-изомеров жирных кислот в продуктах питания.

Транс-изомеры жирных кислот являются пространственными изомерами природных ненасыщенных жирных кислот (цис-изомеры). В большом количестве они образуются в процессе гидрирования жидких растительных масел. Эта технологическая операция используется в технологии производства маргариновой продукции.

Гидрированные жиры (саломасы) – главный структурирующий компонент в рецептуре маргариновой продукции. Гидрирование

(чаще употребляют термин «гидрогенизация») жидких растительных масел направлено на снижение степени ненасыщенности жидких кислот и предусматривает изменение состава и свойств жирового сырья за счет присоединения водорода к этиленовым связям и изомеризации оставшихся этиленовых связей в гидрируемом жировом сырье. Это обеспечивает повышение стойкости к окислению молекул триацилглицеридов и изменение консистенции от жидкой до твердой. Жидкая консистенция растительных масел определяется высоким содержанием в их составе полиненасыщенных жирных кислот – с одной, двумя и тремя двойными связями, содержащих в молекуле 18 атомов углерода: олеиновой, линолевой и линоленовой. В частности, олеиновая кислота ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) имеет одну двойную связь между 9-м и 10-м атомами углерода:  $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ .

Для изменения консистенции проводится частичная гидрогенизация растительных масел при температуре 200–300 °С. При этом ненасыщенные жирные кислоты с двойными связями в *cis*-форме получают ряд структурных изменений, и этот процесс называется транс-изомеризацией.

Геометрическая (*cis*-*trans*-) изомерия определяется расположением в пространстве участков углеводородной цепи по отношению к двойной связи (рис. 1).

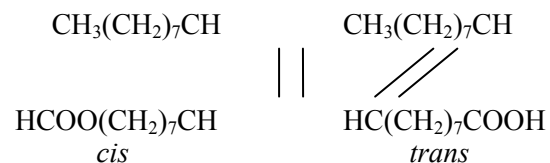


Рис. 1. Изомеры олеиновой кислоты

Транс-изомеры имеют более высокую температуру плавления, чем *cis*-формы, хотя число углеродных атомов и двойных связей у них одинаковое.

В результате изомерии олеиновая кислота из *cis*-формы переходит в *trans*-форму – элаидиновую кислоту с температурой плавления 52 °С. При переходе в *trans*-форму меняется расположение атомов углерода – у элаидиновой кислоты цепь прямая, как у предельной кислоты, только есть одна двойная связь между 9-м и 10-м атомами углерода.

Образуются транс-изомеры жирных кислот (ТИЖК) в количествах от 25 % до 50 %. Их обнаруживают в молоке жвачных животных (как продукт бактериального гидрирования). Считается, что в сливочном масле и молоке содержится 5–8 % ТИЖК. Биогидрогенизация, как и промышленная частичная гидрогенизация, приводит к множественной геометрической и позициональной транс-изомерии жирных кислот. В принципе, сливочное масло и частично гидрогенизированное растительное масло содержат одни и те же изомеры ТИЖК. Однако профили их изомеров отличаются друг от друга и зависят от различных факторов, включая условия гидрогенизации, вид катализатора, температуру гидрогенизации, pH желудка жвачного животного. Профиль трансизомеров гидрированных растительных масел отличается от профиля ТИЖК сливочного масла.

В рекомендациях ВОЗ транс-изомеры жирных кислот внесены в список веществ состава продуктов питания, которые повышают риск развития диабета, ухудшают иммунитет и т. д.

Чтобы снизить негативное влияние гидрированных жиров на потребительские достоинства маргарина, практикуют частичную замену саломасов переэтерифицированным жиром.

Переэтерификация триацилглицеридов масел и жиров – перераспределение ацильных групп в триацилглицеринах переэтерифицированной смеси, приводящее к изменению физических свойств, в том числе температуры плавления, консистенции и твердости без изменения жирнокислотного состава.

Переэтерифицированные жиры, используемые наравне с саломасами, во многом их превосходят, так как не содержат (или содержат в незначительных количествах) транс-изомеры олеиновой кислоты.

Известны две основные технологии для этих целей: химическая переэтерификация и ферментативная переэтерификация. Чаще всего в качестве химических катализаторов используют метилат натрия или этилат натрия, которые являются высокотоксичными и взрывоопасными химическими веществами.

При ферментативной переэтерификации используют 1,3-специфичную липазу, которая сокращает время процесса переэтерификации.

Ферментативная переэтерификация имеет преимущества перед частичной гидрогенизацией и химической переэтерификацией:

– не образуются трансизомеры жирных кислот, как это происходит при частичной гидрогенизации;



– технологический процесс исключает операции промывки жира, удаление воды, сушку и отбеливание.

Из вышеизложенного вытекает, что для повышения конкурентоспособности масложировой продукции основных белорусских производителей необходимы, прежде всего, технико-технологические, финансово-экономические и научные меры, которые позволят улучшить пищевую ценность маргаринов за счет снижения в них транс-изомеров жирных кислот. Такие меры предусмотрены программой развития масложировой отрасли Республики Беларусь, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 14.05.2007 г. № 588.

В числе основных задач программы стоит обновление мощностей по выпуску маргариновой продукции в целях расширения ассортимента, а также разработка государственных стандартов, устанавливающих требования к качеству продукции. Сегодня низкая техническая оснащенность не позволяет предприятиям отрасли обеспечить производство маргаринов и жиров специального назначения с качественными показателями, востребованными потребителем, который уже знает о ТИЖКах маргарина и их негативном влиянии на здоровье. Программой запланировано осуществить техническое перевооружение:

– в ОАО «Минский маргариновый завод» – рафинационного производства с внедрением процесса физической рафинации и химической переэтерификации жиров;

– в ОАО «Гомельский жировой комбинат» – обновление мощностей по рафинации, дезодорации растительного масла, а также внедрение энзиматической переэтерификации жиров.

Таким образом, нанобиотехнология с использованием химической или энзиматической переэтерификации позволяет вернуть олеиновую кислоту из транс-формы в первичную цис-форму и тем самым исключить негативное влияние жирных кислот на организм человека.

### **1.3. НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Анализ научных публикаций, рефератов диссертаций и патентов свидетельствует о том, что за рубежом проводятся активные исследования в области пищевых нанотехнологий по следующим направлениям:

– теоретические и экспериментальные исследования способов получения, свойств и поведения наноматериалов;

– разработка теоретических основ производства из нанокomпозиций пищевых продуктов заданного состава с необходимыми органолептическими показателями;

– обеспечение и методы оценки безопасности готовых пищевых продуктов, изготовленных по нанотехнологиям;

– разработка новых упаковочных материалов с использованием нанотехнологий, обеспечивающих высокую сохраняемость и безопасность готового продукта.

В процессе переработки сельскохозяйственного пищевого сырья на продукты питания оперируют не с отдельными молекулами, а с массивами химического состава сырья и полуфабрикатов.

Одно из важных направлений – использование ИНМ в производстве пищевых продуктов. В настоящее время в числе применяемых в этой области нанотехнологий используют:

1) нанонутриенты – пищевые вещества, диспергированные до частиц размером менее 100 нм в целях повышения их доступности;

2) нанотранспортные системы, призванные повысить усвояемость нутриентов за счет их связывания с наноразмерным носителем;

3) наноинкапсулаты, позволяющие сочетать в составе комплексного продукта химически несовместимые пищевые вещества;

4) наноструктурированные пищевые продукты и добавки, придающие продуктам новые, необычные функциональные свойства;

5) наноматериалы, применяемые при производстве упаковочного материала для пищевых продуктов;

6) наносенсоры и нанодатчики, используемые для контроля качества и безопасности пищевых продуктов.

## **2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

---

### **2.1. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Производство новых пищевых продуктов с заданной биологической ценностью развивается в следующих направлениях.

1. Получение продуктов питания на основе белковых и других фракций продовольственного сырья в виде белковых растворителей или текстуратов белка с использованием его способности растворяться, образовывать эмульсии, суспензии, гели.

2. Структурирование, текстурирование полученных изолятов и концентратов нутриентов путем физико-химических воздействий на полуфабрикат.

3. Введение незаменимых веществ в сбалансированном состоянии для обогащения пищевых систем, использование технологических добавок для регулирования качественных характеристик готовой продукции.

При разработке общего технологического подхода к проблеме производства новых пищевых продуктов исходят из двух положений:

– продукты представляют собой многокомпонентные системы, причем белки и полисахариды являются основными наноконпонентами пищевых систем, выполняющими в них структурные функции;

– пищевые продукты в большинстве случаев являются твердыми телами и в то же время содержат более 50 % воды.

Современные способы создания новых видов пищевых продуктов на основе инновационной технологии с элементами нанобиотехнологий можно классифицировать с учетом нижеследующих факторов, отражающих сущность протекающих при этом процессов:

1) способы создания новых пищевых продуктов на основе биологических факторов (например, использование пробиотиков, новых видов ферментов);

2) использование современных пищевых добавок, разрешенных Минздравом РБ: подсластителей, улучшителей, консервантов, технологических добавок и пр. (например, разработка нового ассортимента плодоовощных нестерилизованных салатов с добавлением сорбатов натрия и калия; детского питания – на основе плодово-ягодного сырья с добавлением молока или сливок);

3) способы создания новых видов пищевых продуктов на основе физических методов обработки пищевого сырья и полуфабрикатов (например, использование низких температур: технология криоконструирования), высоких температур: высокотемпературная экструзия, использование токов ВЧ, СВЧ, ИК-излучения, электромагнитных полей и ультразвука, – для ускоренной обработки полуфабрикатов, для новых способов выпечки и т. д.);

4) способы создания новых пищевых продуктов комбинированного воздействия физических, химических и биологических факторов (например, технологическое введение нанонутриентов в пищевые массы). Технологическое введение нанонутриентов в пищевые массы может осуществляться следующими методами: сухое смешивание; растворение нанонутриентов в воде, жирах и маслах; напыление растворов нанонутриентов на поверхность продукта; адгезионное налипание на поверхность продуктов; нанесение специальных нанопокровтий на поверхность продукта, обеспечивающих высокую его сохранность.

### **Основные направления развития пищевых технологий в Республике Беларусь**

В республике быстрыми темпами ведутся работы по изысканию дополнительных сырьевых ресурсов для удовлетворения потребностей населения в здоровой пище:

- использование нетрадиционных видов местного сырья с целью повышения качества, пищевой и биологической ценности изделий, получения продукции диетического и профилактического назначения;
- производство сырья улучшенного качества за счет современных методов безотходной обработки;
- переработка вторичных сырьевых ресурсов за счет использования современного оборудования, обеспечивающего комплексную,

безотходную, глубокую переработку традиционного и нетрадиционного сырья, вторичных ресурсов и отходов на основе новых ресурсосберегающих экологически чистых мало и безотходных технологий.

К таким способам можно отнести: производство новых видов физиологически функциональной соковой продукции на основе местного плодово-ягодного и овощного сырья (нектары и соки фруктовые и овоще-фруктовые с мякотью); производство салатов и закусок пикантных, изготовленных без стерилизации из местного сырья; производство новых видов морсов и чайных напитков с фитодобавками на основе местного растительного сырья; производство мясо-растительных консервов для детского питания на основе местного сырья и др.

Все вышеперечисленные направления развития перспективных пищевых технологий содержат элементы нанотехнологий в процессах: биотехнологической обработки основного сырья (содержащего наночастицы органического состава); освобождения сырья и полуфабрикатов от микрофлоры (наночастицы размером 1–10 нм); внесения «полезных» микроорганизмов в продукт (кисломолочная продукция, сыры и пр.).

У специалистов БГАТУ положительный опыт в использовании нанобиотехнологий при производстве новой продукции имеется на Борисовском консервном заводе, Быховском консервно-овощесушильном заводе, Клецком консервном заводе (ОАО «Гамма вкуса»).

### **Использование нетрадиционных носителей энергии**

В основу разработки современных способов создания новых пищевых продуктов положено использование нетрадиционных носителей энергии: переменное электрическое поле; высокочастотные (ВЧ) и сверхвысокочастотные (СВЧ) микроволновые технологии; пиковолновые технологии (тормозное излучение); импульсные, магнитные поля; инфракрасное излучение; ультрафиолетовое излучение; радиационно-плазменная глубокая переработка биомассы и отходов растительного и сельскохозяйственного сырья; экструзионные способы текстурирования сырья и т. д. Их применение позволит: свести до минимума потери массы обрабатываемых продуктов или сырья; сохранить пищевую и биологическую ценность пищевых продуктов; улучшить потребительские свойства продукции; увеличить сроки хранения; улучшить санитарно-гигиенические условия на пищевых производствах; повысить экологическую безопасность процессов производства пищевых продуктов.

Основные направления использования нетрадиционных носителей энергии:

- микроволновая технология и техника для дефростации, темперирования замороженных продуктов, пастеризации, стерилизации термолabileльных продуктов и их сушки;
- пиковолновая технология и техника для инактивации микрофлоры в пищевых продуктах (дезинсекция зерна, муки, крупы, холодная пастеризация термолabileльных продуктов глубокой переработки биомассы растительного сырья и т. д.);
- магнитоимпульсная инактивация микробиоты продуктов высокой биологической ценности;
- разработка способов и научных основ, техники для получения пищевых продуктов методом термопластической экструзии с регулируемой структурой и заданными функциональными свойствами пищевых продуктов;
- производство сушильного оборудования для сушки термолabileльных биологически активных препаратов взамен энергоемких сублимационных сушек.

### **Производство продуктов питания с повышенным содержанием белка, полифункциональных пищевых добавок: пищевые волокна, ПНЖК, витамины, минеральные вещества, БАДы**

Получение высококонцентрированных форм растительных белков – изолятов, концентратов белка, белковых напитков, молочно-белковых десертов, полуфабрикатов крупитчатой консистенции, сухих белковых порошков на основе молочных продуктов, белковых волокон, сбалансированных белковых модулей длительного хранения, белково-витаминных концентратов, – происходит за счет:

- использования белков молока, молочной сыворотки, люпина, гороха, пшеницы с пониженными функциональными свойствами, амаранта, отрубей и т. п.;
- фракционирования вторичных продуктов переработки пищевой промышленности для создания сбалансированных полуфабрикатов, повышающих иммунитет человека к воздействию неблагоприятных внешних воздействий окружающей среды;
- производства одновременно масла и белкового концентрата на основе масличных культур;

– структурирования белковых продуктов с помощью ферментативного гидролиза белков, путем экструзии, концентрирования белка, получения гелеобразных структур.

### **Расширение синтеза новых химических веществ.**

#### **Создание новых искусственных форм пищи**

Расширять синтез химических веществ и создавать новые формы пищи, позволяющие моделировать свойства традиционных продуктов питания, возможно за счет использования природных и синтетических соединений, обладающих лечебно-профилактическими свойствами, высокими качественными характеристиками и обеспечивающих хранение продуктов длительный период времени без потери органолептических и физико-химических показателей качества.

*Повышение пищевой ценности продуктов питания.* Основными способами повышения пищевой ценности являются: создание сбалансированных по незаменимым веществам рецептурных композиций, полученных на основе нетрадиционных видов сырья; использование обогащающих пищевых добавок, незаменимых аминокислот, биологически активных веществ, фосфолипидов, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов и других обогатителей; введение в продукты питания антиоксидантов. При этом необходимо:

- использовать микроингредиенты и природные биологически активные минорные компоненты пищи в производстве продуктов здорового питания в соответствии с научными принципами, разработанными ВОЗ (Комиссия Codex Alimentarius);
- расширять производство обогащающих добавок нового поколения;
- создать единую государственную систему регулирования качества продукции;
- создать программу по повышению пищевой ценности продуктов повседневного питания;
- обеспечить государственный контроль использования пищевых добавок;
- обеспечить последовательность, своевременность, гибкость в использовании пищевых добавок;
- улучшить научное сопровождение создания пищевых ингредиентов;
- создать атмосферу гласности в сфере использования пищевых добавок.

### **Расширение ассортимента пищевых продуктов**

Значительно расширить ассортимент пищевых продуктов можно за счет разработки и создания продуктов лечебно-профилактического назначения: хлебобулочные и макаронные изделия, консервы, пищевые концентраты, кулинарные жиры, сыры, колбасы, деликатесные изделия, быстрозамороженные изделия, ферментированная продукция с заданным составом микрофлоры и регулируемым составом незаменимых веществ, с добавлением пищевых волокон, углеводов, БАДов. В частности, специалисты лаборатории пищевых производств БГАТУ разработали технологию производства низкокалорийных продуктов питания на основе плодово-ягодного и овощного сырья с повышенным содержанием эссенциальных ингредиентов. Работа внедрена на МОУП «Борисовский консервный завод».

*Разработка и создание специализированных продуктов для детского питания.* Подобные разработки диктуются необходимостью выпуска адаптированных молочных смесей; жидких и пастообразных молочных продуктов (для детей раннего возраста); сухих продуктов детского питания на зерновой основе; плодовоовощных консервов (соки, пюре, супы-пюре и пр.), специализированных продуктов (первых и вторых обеденных блюд) на основе мяса, птицы и рыбы; других специализированных продуктов.

В частности, в лаборатории пищевых производств БГАТУ разработаны и внедрены на Клецком консервном заводе (ОАО «Гамма вкуса») и Малоритском консервно-овощесушильном комбинате технологии производства многокомпонентных обеденных консервов для детского питания (супов, супов-пюре, обеденных блюд), а также натуральных продуктов для детского питания с добавлением бобовых культур, мяса рыбы (в рамках государственной программы «Инновационные биотехнологии»).

Работа выполнена на основе местного пищевого сельскохозяйственного сырья с использованием элементов нанотехнологии (физико-химические превращения органических веществ основного сырья).

*Разработка продуктов специального назначения для регионов с неблагоприятной радиационной обстановкой.* Создание продуктов питания нового поколения для людей со сниженным иммунным статусом, работающих в особых условиях, находящихся в экстре-

мальных ситуациях важно для повышения защитных свойств организма, снижения риска возникновения наиболее распространенных заболеваний.

Обязательными требованиями к специальному питанию являются:

- сбалансированность рациона по основным незаменимым факторам в соответствии с теорией рационального питания;
- высокая энергетическая ценность продуктов питания при минимальной массе и объеме;
- стойкость к различным климатическим и механическим воздействиям;
- сохранение доброкачественности в течение длительных сроков.

На Кобринском консервно-овощесушильном комбинате были внедрены разработки специалистов УО БГАТУ по выпуску многокомпонентных функциональных плодоовощных соков и нектаров с протекторными свойствами.

Для лечебного питания при заболеваниях щитовидной железы необходим выпуск продуктов специального назначения. Для этого разработан ассортимент изделий с повышенным содержанием йода: с добавлением йодированной соли, морской капусты, препаратов йодистого калия. Разработаны изделия с адсорбирующими добавками – пшеничными отрубями, микрокристаллической целлюлозой, порошком из морской водоросли (ламинарии), то есть с пищевыми волокнами, способными адсорбировать и выводить из организма тяжелые металлы, радионуклиды и другие вредные соединения. Постоянно обновляется ассортимент изделий, обогащенных кальцием, который обеспечивает конкурентное замещение и выведение из организма радиоактивного стронция. Разрабатывается ассортимент изделий с биозащитными свойствами за счет витаминов, биофлавоноидов, пищевых волокон, минеральных веществ. Так, в лаборатории пищевых производств БГАТУ в рамках государственной программы союзного государства по заявке Департамента по ликвидации катастрофы на ЧАЭС МЧС РБ на базе Быховского консервно-овощесушильного завода разработаны, утверждены в установленном порядке и внедрены технические нормативно-правовые акты на новые виды физиологически функциональной соковой продукции с протекторными свойствами, изготовленной из местного растительного сырья. При участии Департамен-

та на базе завода был проведен семинар по обмену опытом производства этой продукции со специалистами перерабатывающих предприятий Могилевской и Минской областей. В настоящее время для Быховского завода специалистами БГАТУ выполняются исследования по разработке технологии лечебно-профилактических напитков с использованием местных лекарственных растений.

*Создание продуктов здорового питания.* Разрабатываются продукты здорового питания, создаваемые за счет сохранения в исходном сырье или введения в пищевые продукты минорных биологически активных веществ, таких как:

- флавоноиды: флавонолы и их гликозиды (кверцетин, кемферол, рутин), флавоны; дигидрофлавонолы; катехины, обладающие способностью снижать риск развития многих широко распространенных заболеваний;
- полиненасыщенные жирные кислоты омега-3 и омега-6;
- индолы, регулирующие активность метаболизма ксенобиотиков, являющиеся протекторами в отношении некоторых форм раковых заболеваний;
- полипептиды; интерлейкины; цистостатины; тиреоглобулины, влияющие на генную структуру организма;
- органические кислоты: янтарная, яблочная и т. д.; фенольные соединения; гидрохиноны, улучшающие метаболические процессы в организме человека в целом.

Дефицит этих пищевых веществ и БАВ в рационе человека приводит к снижению резистентности организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, формированию иммунодефицитных состояний, к нарушению функционирования организма и т. д.

Специалисты БГАТУ разработали и внедрили на ОАО «Гамма вкуса» технологию производства овощей стерилизованных и нестерилизованных в полимерной таре. За счет использования «щадящей» нанотехнологии в овощных полуфабрикатах максимально сохранены природные наноструктуры – флавоноиды, флавоны, катехины, полипептиды, органические кислоты, минеральные вещества, витамины.

Кроме того, специалисты БГАТУ разработали и внедрили:

- энергосберегающую технологию производства продуктов детского питания, упакованных в тару «тетра-брик-асептик», на основе плодов, овощей и молочных продуктов;

- эффективную технологию подготовки овощного сырья, позволяющую максимально сохранить биологически активные вещества в консервированных овощных продуктах для детского питания;

- технологию производства и ассортимент новых видов консервов для детского питания с использованием нетрадиционных видов овощного сырья;

- технологию производства многокомпонентных обеденных консервов для детского питания (супов, супов-пюре, вторых обеденных блюд);

- технологию производства натуральных продуктов для детского питания с добавлением бобовых культур, мяса, рыбы.

Работы выполнялись в рамках региональных отраслевых программ по развитию Минской и Брестской областей, а также в рамках ГНТП «Инновационные биотехнологии» с использованием элементов нанобиотехнологии.

Разработки внедрены на ОАО «Гамма вкуса», ОАО «Малоритский консервно-овощесушильный комбинат».

В ОАО «Гамма вкуса» в течение 2011 г. было выработано и реализовано 117 туб новых видов овоще-мясных и мясо-растительных консервов для детей на сумму 776 млн бел. р., в том числе на рынке СНГ (Москва, Санкт-Петербург). Реализовано: овощных консервов – 18,21 туб на сумму 79,34 млн бел. р., мясо-растительных – 14,40 туб на сумму 137,83 млн бел. р. За I полугодие 2012 г. этим же предприятием было произведено 509 туб нового ассортимента овощных натуральных консервов (без сахара) для детей на сумму 2161 млн бел. р. и 14 туб нового ассортимента мясо-растительных консервов на сумму 134 млн бел. р.; в том числе на рынке СНГ реализовано: овощных консервов – 18,62 туб на сумму 79,53 млн бел. р., мясо-растительных – 7,66 туб на сумму 73,32 млн бел. р.

## **2.2. СОЗДАНИЕ ПРОДУКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОУТРИЕНТОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ОБОГАТИТЕЛЕЙ**

Организм человека – это мишень для многих факторов окружающей среды: токсичных отходов производства, средств бытовой химии, лекарственных препаратов и синтетических добавок,

содержащихся в пищевых продуктах. Основные виды таких загрязнителей являются окислителями. Они способствуют образованию разрушительных для организма продуктов – свободных радикалов окисления (СРО) и продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембран и оболочек клеток. СРО и ПОЛ – это активные вещества, способные нарушать в организме обменные процессы, повреждать жизненно важные молекулы и клеточные структуры, а при длительном воздействии – провоцировать возникновение хронических заболеваний, аллергических реакций и иммунодефицитных состояний.

В качестве защиты организма человека от СРО и ПОЛ научное сообщество предлагает использовать функциональные пищевые продукты, которые содержат ингредиенты, повышающие сопротивляемость организма человека к заболеваниям и способность сохранять активный образ жизни.

По своему предназначению они относятся к продуктам массового потребления и предназначены для питания в составе обычного рациона основных групп населения, но содержат функциональные ингредиенты, оказывающие биологически значимое позитивное воздействие на здоровый организм в ходе происходящих в нем обменных процессов. Потребление таких продуктов помогает предупредить некоторые болезни и старение организма, обитающего в условиях экологического неблагополучия.

Потребительские свойства функциональных продуктов наряду с пищевой ценностью и вкусовыми качествами включают понятие физиологического воздействия, которое проявляется в поддержании нормального уровня холестерина, сохранении здоровых костей и зубов, обеспечении организма энергией, снижении риска заболеваний некоторыми формами рака.

Сегодня эффективно используются 7 основных групп функциональных ингредиентов: пищевые волокна; витамины (С, Д, группа В); минеральные вещества; липиды, содержащие полиненасыщенные высшие жирные кислоты; антиоксиданты; олигосахариды; некоторые виды полезных микроорганизмов.

Анализ научных и промышленных разработок и области функциональных продуктов, представляемых уже несколько лет на европейском саммите Food Ingredients, свидетельствует, что в настоящее время в мире активное развитие получили 4 группы функциональных продуктов – продукты на зерновой, молочной и жировой основе, а также безалкогольные напитки (рис. 2).



Рис. 2. Основные группы функциональных продуктов, их потребительские свойства

Функциональное действие продуктов на зерновой основе обусловлено наличием в них, прежде всего, нерастворимых пищевых волокон, комплекса витаминов, а также кальция.

Типичные представители пищевых волокон – это пектин (растворимое волокно) и целлюлоза (нерастворимое волокно).

Функциональные свойства пищевых волокон связаны в основном с желудочно-кишечным трактом. Пища, богатая волокнами, оказывает положительное воздействие на процессы пищеварения. Установлено, что растворимые волокна (пектин) оказывают воздействие на обмен холестерина в организме, метаболитами которого являются жирные кислоты. Возможным объяснением снижения уровня холестерина является то, что растворимые волокна способствуют экстрагированию желчных кислот и увеличивают их выделение из организма. Они также удаляют тяжелые металлы из организма человека (цинк, медь, свинец и др.). Волокна имеют практическое значение при профилактике сахарного диабета. Установлено, что повышение уровня сахара в крови зависит от типа употребляемого продукта и количества волокон в нем. Высоковолокнистая пища содержит меньше сахаров.

Комплекс витаминов, содержащийся не только в злаковых культурах, но и в других продуктах питания, способствует нормальному метаболизму организма человека. Ниже приводится информация об основных полезных веществах, содержащихся в продуктах питания на уровне наноструктур, и той пользе, которую они приносят организму (табл. 2).

Таблица 2

Полезные вещества, содержащиеся в продуктах питания, их польза для организма человека

Полезные вещества	Продукты питания	Польза
Белки	Молочные продукты, яйца рыба, мясо, ветчина	Пластический строительный материал организма
Жиры	Растительное и сливочное масла, молочные продукты	Энергия, необходимая для роста и жизнедеятельности
Углеводы	Злаковые каши, хлеб, фрукты, сахар	Энергия, необходимая для развития мышц и жизнедеятельности организма
Минеральные вещества:		
кальций	Молоко и молочные продукты	Необходим для укрепления костей и зубов. Способствует выделению солей тяжелых металлов и радионуклидов
фосфор	Злаковые каши, рыба	Необходим для укрепления костей
железо	Зеленые овощи, мясо, печень, шоколад	Способствует возобновлению эритроцитов в крови, предотвращает малокровие
магний	Злаковые каши, какао	Необходим для правильного развития нервной системы
калий	Фрукты, овощи, мясо, рыба	Регулирует количество воды в организме
натрий	Соль, ветчина, сыр	Регулирует количество воды в организме

Полезные вещества	Продукты питания	Польза
йод	Рис, рыба	Необходим для правильного развития щитовидной железы
фтор	Злаковые каши, рыба, спаржа, бананы	Укрепляет зубы и предотвращает кариес
селен	Морепродукты, рыба, спаржа, чеснок, отруби, яйца	Входит в состав важнейших ферментов антиоксидантной системы организма, повышает активность витамина Е
Витамины:		
А	Молочные продукты, сливочное масло, яйца, печень, рыба, фрукты, морковь	Улучшает зрение, необходим для борьбы с инфекционными заболеваниями
В <sub>1</sub>	Печень, яичный желток, говядина, злаковые каши, яблоки, груши	Обеспечивает нормальную деятельность нервной системы и органов пищеварения
В <sub>2</sub>	Печень, мясо, злаковые каши, молоко	Способствует развитию внутренних органов
В <sub>3</sub>	Мясо, рыба, курица, злаковые каши	Способствует формированию клеток
В <sub>5</sub>	Яйца, мясо	Стимулирует рост волос
В <sub>6</sub>	Кукуруза, зеленый горошек, рыба, ветчина, сыр, груши, бананы	Необходим для создания мышечной ткани
В <sub>9</sub> (фолиевая кислота)	Зеленая фасоль, спаржа, морковь, печень	Способствует образованию лейкоцитов и эритроцитов в крови
В <sub>12</sub>	Печень, рыба, мясо	Способствует образованию эритроцитов в крови, предотвращает малокровие

Полезные вещества	Продукты питания	Польза
С (аскорбиновая кислота)	Фрукты, черная смородина, клубника, цитрусовые, приправы из трав	Гарантирует высокую сопротивляемость болезням
Д	Молоко, растительное и сливочное масла, яйца, печень	Способствует развитию костей, необходим для усвоения фосфора и кальция, предупреждает появление рахита
Е	Цельное зерно, салат, брюссельская капуста, арахис, миндаль, облепиха	Восстанавливает СРО до стабильных молекул

Молочные продукты – основной источник эубиотиков, к классу которых относятся живые микроорганизмы, способствующие восстановлению и нормализации функций естественной кишечной микрофлоры. Это, прежде всего, молочнокислые бактерии *Lactobacillus Bifidum* и *Lactobacillus Acidophilus*.

Большинство молочных продуктов лечебно-профилактического назначения имеют своей целью нормализацию микробиоты толстого кишечника человека. Для достижения этой цели до последнего времени использовали преимущественно идеологию заселения кишечника экзогенной (чужеродной) микрофлорой с помощью продуктов питания. При этом многие врачи-гастроэнтерологи отмечали невысокую эффективность и неустойчивость результатов нормализации микрофлоры кишечника человека на базе такого подхода [12].

Выяснилось, что для выживания полезной микрофлоре (пробиотикам) необходимо присутствие пребиотиков-олигосахаридов. В течение 2009–2012 гг. на рынке появились разнообразные пищевые продукты нового поколения (молочные продукты, каши быстрого приготовления, соки и т. п.), обогащенные пребиотиками (лактоулоза, инулин, диетические волокна и пр.), то есть пищевыми веществами, которые стимулируют рост и жизнедеятельность микрофлоры толстого кишечника. Назначение пробиотиков и пребиотиков показано в табл. 3.



Таблица 3

## Оценка функциональных ингредиентов

Пробиотики	Пребиотики
Живые клетки кишечной микрофлоры: лактобациллы, грамм-положительные кокки, бифидобактерии	Относятся к группе непереваримых углеводов: лактозулаза, олигосахариды (фрукто-, галакто- и пр.), фиброгам, инулин, лактитол и пр.
Строгие анаэробы, то есть не живут в присутствии кислорода. Отсюда проблема сохранности их в процессе производства и в готовом продукте	Химически инертны и не меняют своих свойств со временем или при контакте с иными пищевыми веществами
Толстого кишечника (места обитания микрофлоры) достигают в лучшем случае 5–10 % от их числа. Большинство погибают в кислой среде желудка, играющего роль антибактериальной камеры	Не гидролизуются пищеварительными ферментами и свободно достигают толстой кишки, где избирательно стимулируют рост микрофлоры (лакто- и бифидобактерии) кишечника
В производстве БАДов используются только те виды микрофлоры, которые имеют высокую проходимость через верхние разделы ЖКТ	Стимулируют жизнедеятельность всех видов микрофлоры кишечника, которая является сахаролитической микрофлорой
Экзогенная (чужеродная) по отношению к организму человека микрофлора. Трудно приживается (адгезирует) на эпителии кишечника	Стимулируют рост и жизнедеятельность собственной (эндогенной) полезной микрофлоры человека, адгезированной на эпителии кишечника
В производстве БАДов и продуктов питания требуют контроля со стороны специально обученного персонала (микробиолога)	Очень технологичны, достаточен инструментальный контроль со стороны специально обученного персонала
Использование, в силу их высокой требовательности к среде обитания, ограничено производством определенного числа БАДов	Высокая технологичность открывает широкий горизонт их применения: от стерилизованных напитков до кондитерских изделий

Использование пробиотиков связано с идеологией их заселения кишечника человека с помощью функциональных продуктов, в которых содержатся наноструктуры экзогенной (внесенной извне) микрофлоры. Пребиотики (наноструктуры олигосахаридов, минералов, витаминов) стимулируют рост и жизнедеятельность наноструктур собственной (а также и внесенной с функциональным продуктом) микрофлоры кишечника человека через обогащенные функциональные молочные продукты.

Поэтому молочные продукты, обогащенные не только пробиотиками, но и пребиотиками, должны постоянно расширять свой ассортимент с учетом информации (табл. 1, 2).

Жировые продукты делятся на две группы: безводные (растительные масла, кондитерские, кулинарные, хлебопекарные жиры) и эмульсионные (спреды, майонезы, соусы).

Растительные масла являются одним из основных источников таких незаменимых функциональных ингредиентов, как полиненасыщенные жирные кислоты – линолевая, линоленовая, а также их ценных метаболитов – омега-3 и омега-6 жирных кислот ( $\omega$ -3,  $\omega$ -6).

В структуре функционального питания важное место занимают продукты и пищевые добавки с повышенным содержанием ПНЖК и, в первую очередь, семейства омега-3 и омега-6 ряда или витамина F. В настоящее время установлено [13], что в структуре питания наших предков содержание омега-3 и омега-6 жиров было уравновешено, что объяснялось биохимическим составом растительной и животной пищи того времени (табл. 4).

Таблица 4

## Содержание незаменимых ПНЖК в растительных маслах

Растительное масло	Содержание ПНЖК, %	
	омега-3 (линоленовая)	омега-6 (линолевая)
Подсолнечное	следы	45–68
Соевое	5–14	40–57
Рапсовое	3–13	15–30
Оливковое	–	4–12
Хлопковое	–	40–48
Кукурузное	1,2–2,0	42–45
Рыжиковое	30–42	15,6–25,0
Льняное	35–65	8,5–30,0
Кунжутное	0,2–0,3	35,8–55,6

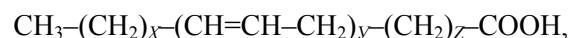
Растительное масло	Содержание ПНЖК, %	
	омега-3 (линоленовая)	омега-6 (линолевая)
Горчичное	1–2	14,5–30,4
Конопляное	14–28	46–70
Масло зародышей пшеницы	2,5–16,0	35–60

В последние десятилетия качество и структура продуктов питания заметно изменились. По ряду объективных причин мясо большинства животных стало содержать большее количество омега-6 и меньшее – омега-3. Содержание омега-3 в большинстве культивируемых растений стало еще меньше по сравнению с их историческими видовыми аналогами [13]. Количество омега-6 в структуре питания современного человека заметно возросло благодаря большому употреблению в пищу растительных масел, таких как кукурузное, подсолнечное, хлопковое и соевое. Вместе с тем потребление рыбы и морских продуктов, богатых омега-3 жирами, значительно сократилось в силу ряда объективных и субъективных причин. Все это привело к тому, что соотношение омега-6 к омега-3 в современной структуре питания находится в пределах (20–30):1 вместо необходимых человеку (2–3):1 [14].

Типы жиров и их природное содержание в различных сырьевых субстратах существенно различаются, что необходимо учитывать при организации системного функционального питания различных групп населения.

Жировые продукты должны быть не только источником энергии и пластического материала, но и важнейшим поставщиком физиологически функциональных ПНЖК.

К этой группе кислот относятся полиненасыщенные жирные кислоты цис-конфигурации с числом атомов углерода от 18 до 24 общей формулы:



где  $x = 1, 4, 5, 7$ ;  $y = 1-6$ ;  $z = 0-7$ .

В зависимости от расположения двойных связей они образуют 2 семейства: полиненасыщенные кислоты омега-3 ( $\omega$ -3 или  $n$ -3) и полиненасыщенные кислоты омега-6 ( $\omega$ -6 или  $n$ -6).

Представителями ПНЖК семейства  $\omega$ -3 ( $x = 1$ ) являются следующие кислоты:  $\alpha$ -линоленовая; эйкозапентаеновая; докозагексаеновая.

К ПНЖК семейства  $\omega$ -6 ( $x = 4$ ) относятся кислоты: линолевая;  $\gamma$ -линоленовая; арахидоновая.

Отсутствие или недостаток этих кислот подавляет рост молодого организма, снижает репродуктивные функции, отрицательно влияет на процесс тромбообразования, тонусе кровеносных сосудов и некоторых других функциях. Эссенциальные линолевая и линоленовая кислоты представляют собой продукты биосинтеза, протекающего в растительных организмах, где они образуются из олеиновой кислоты. В организме человека из линолевой кислоты образуется весь набор  $\omega$ -6-кислот, и в конечном итоге – арахидоновая кислота; а  $\alpha$ -линолевая кислота может трансформироваться в эйкозапентаеновую и докозагексаеновую кислоты. Главным пищевым источником линолевой и линоленовой кислот служат растительные масла, в особенности льняное, соевое, кукурузное.

ПНЖК включаются в липидный бислой клеточных мембран, регулируя их свойства в составе фосфолипидов мембран как антиатеросклеротический фактор. ПНЖК способствуют метаболизму холестерина в печени и его элиминированию из организма, являются ингибиторами ферментов, контролирующих биосинтез холестерина.

При недостатке омега-3 ПНЖК их место занимают поступающие с пищей омега-6-кислоты.

По современным представлениям, потребление ПНЖК как эссенциального фактора питания должно соответствовать 4–6 % энергетической ценности суточного рациона. Соотношение омега-6 к омега-3 ПНЖК в рационе здорового человека должно составлять (5–10):1.

Основной задачей современности является введение в состав пищевых рационов таких жировых продуктов, которые обеспечили бы поступление в организм человека всех эссенциальных кислот в количествах, удовлетворяющих его физиологические потребности.

Возможны, по крайней мере, два пути решения этой задачи:

1) увеличение в структуре питания доли масел с повышенным содержанием омега-3 ПНЖК (льняного, рапсового масел);

2) разработка и организация выпуска сбалансированных смесей растительных масел (купажированных) с требуемым содержанием и соотношением кислот омега-3/омега-6 для включения в традиционные рационы питания.

Получение купажированных растительных масел можно организовать в соответствии со схемой (рис. 3):

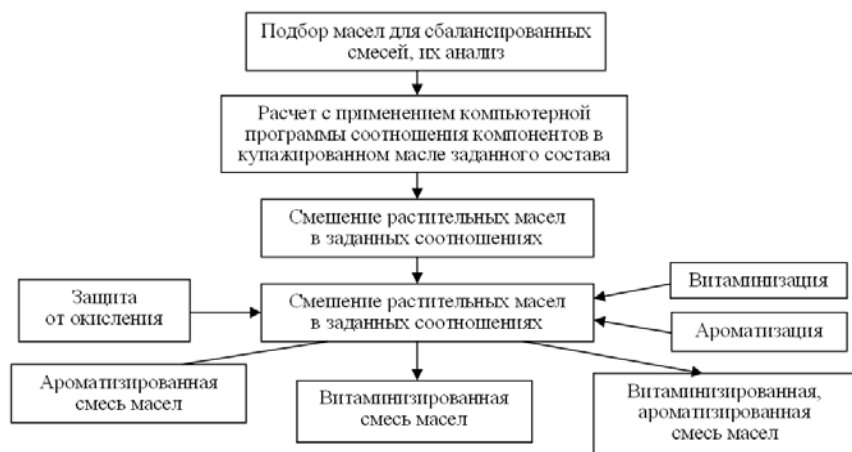


Рис. 3. Блок-схема получения купажированных масел

Развитие производства функциональных жировых продуктов связано в первую очередь с созданием купажированных растительных масел с необходимым содержанием ПНЖК различного состава (омега-3 и омега-6) при их оптимальном соотношении.

Можно получать растительные масла заданного состава в виде двух- и трехкомпонентных смесей. С учетом особенностей жирнокислотного состава различных растительных масел возможны следующие варианты смесей [14].

2-компонентные масла (омега-6:омега-3 = 10:1):

- подсолнечное + рапсовое;
- подсолнечное + соевое;
- подсолнечное + рыжиковое;
- соевое + кукурузное;
- рапсовое + кукурузное;
- подсолнечное + льняное;
- подсолнечное + масло пшеничных зародышей;
- подсолнечное + соевое + рисовое;
- подсолнечное + соевое + кукурузное.

2-компонентные масла (омега-6:омега-3 = 5:1):

- подсолнечное + рапсовое;
- подсолнечное + рыжиковое;
- кукурузное + рапсовое;
- подсолнечное + льняное.

3-компонентные масла (омега-6:омега-3 = 5:1):

- подсолнечное + рапсовое + рыжиковое;
- подсолнечное + льняное + масло пшеничных зародышей.

Наличие на рынке жировой продукции смесей масел сбалансированного жирнокислотного состава предоставляет широкие возможности для создания сегмента жировых продуктов функционального назначения.

Перспективы жировых продуктов функционального назначения связаны с разработкой и производством продукции эмульсионной природы (майонезов, соусов и спредов), технология которых позволяет решить многие задачи, связанные с обеспечением пользы продукта для здоровья человека (табл. 5, рис. 4).

Таблица 5

Функциональные ингредиенты в жировых продуктах

Функциональные ингредиенты	Физиологическое воздействие	Суточная потребность
Витамины: А (различные формы)	Обеспечение роста, функционирование органов зрения, поддержание в активном состоянии иммунной системы	0,8–1,0 мг
Д (различные формы)	Обеспечение усвоения организмом кальция и фосфора, роста развития костей и зубов	2,5 мкг
Е	Антиоксидантный эффект, снижение роста ишемической болезни сердца, онкологических заболеваний, поддержание функций мышечной ткани, улучшение функции половых желез	8–10 мкг
Бета-каротин	Антиоксидантный эффект, снижение риска онкологических и других заболеваний, улучшение работы иммунной и репродуктивной	1–2 мг

Окончание табл. 5

Функциональные ингредиенты	Физиологическое воздействие	Суточная потребность
	систем организма, профилактика инфекционных и простудных заболеваний, язвенных болезней желудка и двенадцатиперстной кишки	
Полиненасыщенные жирные кислоты	Снижение риска сердечнососудистых и онкологических заболеваний, повышение функций иммунной системы, снижение уровня холестерина, повышение устойчивости организма к инфекционным и простудным заболеваниям, профилактика кишечных заболеваний	6–8 % от общей калорийности рациона
Фосфолипиды	Повышение активности антиоксидантных систем организма, нормализация работы печени и мозга, снижение уровня холестерина	5–6 г
Растворимые пищевые волокна (пектины, камеди, альгинаты и пр.)	Нормализация работы пищеварительной системы, снижение уровня холестерина	5–6 г
Триглицериды жирных кислот со средней длиной цепи (C <sub>8</sub> –C <sub>10</sub> )	Снижение уровня холестерина	–
Фитостерины	Антиоксидантный эффект, снижение уровня холестерина	0,65–2,0 г



Рис. 4. Задачи и технологические решения создания эмульсионных продуктов функционального назначения

Критерии качества и безопасности эмульсионных продуктов определяются с учетом их физико-химических, микробиологических, органолептических и реологических свойств (рис. 5).



Рис. 5. Критерии качества и безопасности эмульсионных продуктов

Основа эмульсионных продуктов – прямые (I рода) и обратные (II рода) эмульсии. Типичный пример жирового продукта, представляющего собой прямую эмульсию, – это маргарины, спреды, некоторые виды кондитерских кремов.

Пищевая эмульсия должна быть стабильной в течение заданного времени. Это значит, что в ней не должны активно происходить химические и микробиологические процессы, ведущие к ее порче, она должна сохранять физическую стабильность (не расслаиваться), не изменять реологические и органолептические свойства под воздействием условий хранения (света, температуры, кислорода воздуха). Требуемое качество эмульсионных продуктов обеспечивается, во-первых, применением специального оборудования, создающего высокую степень дисперсности масла или воды в соответствующей дисперсионной среде, во-вторых, введением в рецептуру пищевых добавок – эмульгаторов, стабилизаторов, загустителей, антиоксидантов, консервантов.

Преобразование традиционных эмульсионных продуктов в функциональные предполагает одновременное решение нескольких задач. Первая связана с формированием свойств, определяющих полезное действие на здоровье человека. Эту выраженную пользу в случае жировых продуктов определяют:

- снижение содержания в составе жирового продукта насыщенных жирных кислот, трансизомеров и холестерина;
- снижение калорийности продукта.

Таким образом, основными физиологически функциональными ингредиентами в составах, представленных на рынке эмульсионных жировых продуктов, являются полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-3/омега-6, фосфолипиды, жирорастворимые витамины, β-каротин, фитостерины. Перспективы инноваций в этой области технологий связаны с обогащением пищевых эмульсий водорастворимыми витаминами, минеральными веществами, пробиотиками, пребиотиками, введение которых в количествах, сопоставимых с адекватными уровнями потребления, позволяет прогнозировать проявление новых для жировых продуктов физиологических эффектов.

Итак, наиболее технологичными для создания функционального питания являются продукты на зерновой основе, молочные и жировые, а также безалкогольные напитки.

Для получения функционального пищевого продукта, в который будут внесены наночастицы функциональных ингредиентов, используют следующие этапы (рис. 6).



Рис. 6. Этапы создания функционального пищевого продукта

По сути, технология функциональных продуктов требует нового подхода, в основе которого лежат профессиональные знания нутриентологии.

Обоснование и создание продуктов, содержащих функционально взаимосвязанные друг с другом нутриенты различной природы

и строения, должно опираться на достоверные сведения об их физиологическом воздействии (с учетом синергетического и комплексного действия) на метаболические и регуляторные функции организма.

Попытка создавать такие продукты без специалиста с соответствующими профессиональными знаниями подобна путешествию по джунглям без проводника или дальнему плаванию без навигатора.

Один простой пример. Достаточно популярно обоснована и хорошо известна значимость для построения костной ткани такого функционального ингредиента, как кальций. Для удовлетворения суточной потребности организма в нем необходимо выпить 1 л молока или съесть, например, 3 кг моркови или 10 кг говядины. Это, безусловно, утрировано. Возможны разные пищевые варианты.

Функциональные продукты, обогащенные этим важным нутриентом, в отличие от традиционных позволяют обеспечить потребность организма в нем без избыточных гастрономических нагрузок.

Однако простое введение расчетного количества кальция в пищевой продукт не делает его функциональным, поскольку не обеспечивает целевого физиологического воздействия. Необходимым условием является сбалансированность кальция с фосфором и витамином D. Все три нутриента взаимодополняют друг друга в функции формирования минеральной основы костей и зубов. Кстати, ориентация на традиционную пищу в случае с витамином D не всегда оправдана, так как его основные пищевые источники (яйца, сливочное масло, печень) отличаются значительным содержанием холестерина.

Дополнительно ко всему необходимо учитывать зависимость между степенью усвоения пищевого кальция и уровнем поступления магния.

Другой пример функционального ингредиента – пищевые волокна. Доказано, что присутствие пищевых волокон в продукте способствует здоровому состоянию зубов (снижает риск образования кариеса), утолению голода (при снижении энергетической ценности пищи), улучшению состояния кишечной флоры. Они способствуют снижению уровня холестерина, всасывания сахаров и т. п. Однако при создании функционального продукта, содержащего пищевые волокна, следует учитывать, что он объединяет природные вещества различного химического состава и, естественно, неодинаковых свойств. В частности, физиологическое действие растворимых волокон связано с процессами ферментации, с участием кишечной микрофлоры, а нерастворимых – с их дезинтеграцией под действием кишечных бактерий.

Внесение в функциональный продукт биологически активных добавок с высокими дозами антиоксидантов также может быть опасным. Так, французский вирусолог и лауреат Нобелевской премии Люк Монтанье, открывший вирус иммунодефицита, доказал, что борьба с окислением прокладывает дорогу воспалительным процессам, в основе которых болезни «третьего возраста»: синдром Альцгеймера, артроз, некоторые сердечнососудистые заболевания.

Все это учитывалось учеными и специалистами БГАТУ при подборе сырья и составлении рецептур физиологически функциональных сокодержущих напитков, соков и нектаров, миксов, производимых из местного плодово-ягодного и овощного сырья на Быховском консервно-овощесушильном заводе, ОАО «Гамма вкуса», МОУП «Борисовский консервный завод», ОАО «Малоритский консервно-овощесушильный комбинат».

Таким образом, при создании функционального продукта один из основных этапов – выбор и обоснование функциональных ингредиентов, формирующих новые свойства продукта, связанные с его способностью оказывать физиологическое воздействие. Второй аспект, который является значимым в технологии такого продукта, связан с потенциальной возможностью функциональных ингредиентов изменять потребительские свойства пищевого продукта, который не должен отличаться от традиционной пищи. В связи с этим их выбор и обоснование должны осуществляться с учетом совокупности потребительских свойств и целевого физиологического воздействия создаваемого функционального продукта.

Идеальный выход – питаться органическими продуктами, в которых наночастицы пищевых волокон, витаминов, минералов, антиоксидантов находятся в естественной форме, наиболее приспособленной для усвоения. Это присуще органическим продуктам.

К категории органических пищевых продуктов относятся продукты, полученные с использованием технологий и сырья, где не применялись пестициды и другие средства защиты растений, минеральные удобрения, стимуляторы роста, не производился откорм животных с применением антибиотиков, гормональных ветеринарных препаратов.

В органических продуктах также полностью исключено применение ГМО, они не должны подвергаться обработке ионизирующим облучением. В органическом продукте могут быть только натуральные ароматизаторы, препараты из микроорганизмов и ферменты, разрешенные в качестве технологических вспомогательных

средств, кроме микроорганизмов и ферментов, полученных методом геной инженерии. Только в указанных случаях на упаковку может наноситься особая маркировка «органический продукт».

Нормативами предусмотрено, что в пищевом органическом продукте содержание дополнительных ингредиентов не должно превышать 5 % от массы всех компонентов, за исключением пищевой соли и воды. Поскольку в производстве пищевых продуктов основную массу ингредиентов составляет сельхозсырье или продукты его первичной переработки, установлены особые требования к почве, воде, севообороту, которые исключают попадание загрязняющих веществ и микроорганизмов, опасных для здоровья человека.

Например, продукты животного происхождения признаются органическими, если при их производстве использовались пастбища, которые на протяжении трех лет не обрабатываются какими-либо средствами. В кормах для животных и птиц, которые служат сырьем для выработки пищевых продуктов, не допускается применение гормонов и ГМО. Имеются и другие ограничения.

Следует помнить, что в органическом пищевом продукте жестко лимитировано применение пищевых добавок, а содержание органических продуктов в виде компонентов изделия (кроме воды и пищевой соли) должно быть не менее 95 %.

Перспектива выработки пищевых продуктов класса «органический продукт» сложна, но для любого производителя она должна быть почетной, поскольку такое наименование является знаком высокого качества, обеспечивает безусловную безопасность продукта и гарантирует возможность его использования для здорового питания человека.

Однако наночастицы биологически активных добавок при необходимости могут быть ограниченно внесены в органический продукт.

### **2.3. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПИЩЕВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Пищевое сельскохозяйственное сырье и продукты питания содержат наноструктуры – белки, полисахариды, ферменты, витамины, размер которых может быть в пределах 10–50 нм.

Технология переработки пищевого сырья связана с изменениями этих наноструктур. Например, кристаллическая структура полисахарида-крахмала определяет степень его клейстеризации и улучшает полезные свойства в процессе усвоения организмом крахмального продукта.

Ниже показаны основные направления использования нанотехнологий в перерабатывающей промышленности.

В настоящее время выделяется пять направлений, где возможно применение нанотехнологий при переработке пищевого сельскохозяйственного сырья:

- 1) измельчение продукта до наночастиц;
- 2) изготовление различных добавок, улучшающих пищу;
- 3) нанофильтрация для улучшения качества продуктов;
- 4) биосенсоры для контроля качества пищевых продуктов;
- 5) пищевая упаковка нового поколения для продления сроков хранения.

В мукомольной промышленности нанотехнологии применяют на стадии подготовки зерна к помолу. Для этого в ОАО «Воронежсельмаш» использована цифровая технология в конструкции фотоэлектронного сепаратора (ФЭС), благодаря чему сепаратор позволяет с большой скоростью обрабатывать значительные объемы сырья [7].

В патентах (в основном США, Япония) описаны преимущества продуктов, изготовленных с помощью нанотехнологий. В патентах имеется информация об измельчении до наночастиц растений, традиционно употребляемых в пищу, например, зеленого чая, прополиса [15]. Оказалось, что антиоксидантная активность зеленого чая с уменьшением размеров наночастиц менее 100 нм увеличивается более чем в 100 раз по сравнению с обычной степенью помола традиционного чая.

То же относится и к микроэлементам, которые должны обладать высокой биодоступностью и как можно меньшей токсичностью. Особого внимания заслуживают железо и селен. Железо способствует восстановлению уровня гемоглобина и традиционно вносится в пищевой продукт в виде солей двухвалентного железа ( $Fe^{+2}$ ). Однако соли двухвалентного железа химически несовместимы со многими витаминами, полиненасыщенными жирными кислотами, фенольными соединениями, что снижает биодоступность всех вышеозначенных компонентов. Использование нерастворимых и химически инертных наночастиц трехвалентного

фосфата железа ( $\text{FePO}_4$ ) в составе продуктов с нейтральной средой повышает его биодоступность до 96 % [16].

Селен необходим для нормального функционирования щитовидной железы. Его дефицит способствует замедлению обмена веществ и развитию тяжелых форм патологии, например, эпидемическая кардиомиопатия [17]. В виде неорганического вещества селен плохо усваивается организмом человека, поэтому пищу обогащают органическими соединениями селена. Однако возникает риск токсической передозировки при обогащении продуктов селеном, особенно при использовании растворимых неорганических солей селена. Селен же в форме наночастиц обладает низкой токсичностью.

Инкапсулирование нульвалентного селена в заданных нормах СанПиН количествах и последующее внесение его в производимый продукт будет способствовать повышению качества конечного пищевого продукта.

Производство биологически активных добавок в виде наноматериалов пищевого назначения постоянно увеличивается. В частности, нанокальций-магний (США) улучшает физиологическую усвояемость минеральных веществ; в Китае чай обогащают наноселеном; в Великобритании производят нанодispersный водорастворимый коэнзим Q и наноструктурированный спортивный нутрицевтик креатин. Наноструктурированные водорастворимые формы фитостеринов позволяют вводить коэнзим Q и креатин в состав напитков и обогащать им хлебобулочные изделия [18].

Известно, что хром (суточная потребность в нем составляет 0,20–0,25 мг) способствует стимуляции выработки инсулина поджелудочной железой у диабетиков и, согласно анатомо-физиологической классификации минеральных веществ, относится к группе эндокринных, так как наряду с йодом, фтором и бромом входит в состав гормонов.

Кроме того, хром входит в число 17 микроэлементов – минорных веществ, относящихся к эссенциальным. Они должны регулярно поступать в организм с пищей, водой или воздухом для поддержания нормального обмена веществ. Биологически активен только трехвалентный хром. Основным эффектом от его применения – влияние на углеводный обмен и образование инсулина.

Пищевые добавки с хромом могут снижать прием медикаментозных препаратов диабетиками, что обусловлено увеличением числа инсулиносвязывающих рецепторов и улучшением процесса взаимодействия инсулина с тканями. Кроме того, хром нормализует

функцию щитовидной железы, деятельность иммунной системы, способствует рассасыванию атеросклеротических бляшек, предохраняет белки миокарда от разрушения.

У здоровых людей поступление хрома с пищей поддерживает необходимый уровень сахара в крови, обеспечивает профилактику атеросклероза, ожирения, инсульта, гипертонии, воспалительных заболеваний толстой кишки. Также есть данные, что хром может замедлять старение организма, поддерживать эластичность кровеносных сосудов. В связи с этим хром имеет большое значение для профилактики сахарного диабета и сердечно-сосудистых заболеваний.

Разработка функциональных продуктов питания, обогащенных наночастицами хрома, актуальна и целесообразна. При этом необходимо учитывать специфику метаболизма у людей, болеющих сахарным диабетом. Поэтому при проектировании рецептуры в нее следует включать компоненты, которые не могут нанести вред здоровью (заменители сахара определенного типа, основное сырье с низким содержанием жира и т. п.).

Продукты диабетического назначения должны обладать определенной пищевой и биологической ценностью, быть относительно недорогими по стоимости. В настоящее время на отечественном рынке ассортимент продуктов для диабетиков неоправданно скуден, в основном это хлебобулочные изделия, сахарозаменители и т. п.

Однако, обогащая пищевые продукты наномикроэлементами в производственных условиях, необходимо осуществлять жесткий химико-технологический контроль над дозировками и условиями их введения, так как многие из веществ могут проявлять токсичное действие.

Специалисты в области пищевой технологии разработали рецептуру функционального мясного продукта (сосисок) с добавками, содержащими наночастицы хрома [19]. Количество добавляемой хромосодержащей добавки в соответствии с суточной потребностью организма человека составило 2,5 мг хрома. Качество мясного продукта, содержащего наночастицы хрома, соответствует требованиям, предъявляемым к мясным продуктам нормативными документами. Введение наночастиц хрома в рецептуру позволяет получить сбалансированный мясной продукт, отвечающий медико-биологическим требованиям и предназначенный для людей, страдающих сахарным диабетом.

К числу добавок, улучшающих пищу, относят также витамины, липиды, биоантиоксиданты, приправы, ферменты. В виде капсули-



рованных нанодобавок они способствуют преодолению несовместимости различных ингредиентов из-за нежелательных химических реакций между ними. В результате повышается биодоступность биологически активных веществ (особенно белков и пептидов) за счет их защиты от деградации под действием желудочного сока. Использование нанотехнологий в пищевой индустрии позволит создать разнообразные новые продукты улучшенного качества, аналогов которым не имеет современная пищевая промышленность.

Перспективным направлением является использование наночистотерапевтических керамических мембран, представляющих собой цилиндрические трубки (одно- и многоканальные). Они состоят из крупнопористой подложки и нанесенных на подложку мембранных микропористых слоев. Материал подложки – высокоочищенный оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ), материал мембранных слоев –  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ .

Основные преимущества наночистотерапевтических керамических мембран: существенно большая пористость и проницаемость по сравнению с известными наночистотерапевтическими полимерными мембранами, например, ядерными фильтрами.

Наночистотерапевтические керамические мембраны можно использовать для удаления спор масляно-кислых бактерий из молока (микрофильтрация молока), предназначенного для переработки на твердый сычужный сыр. Способ микрофильтрации заключается в том, что молоко разделяется на обезжиренное молоко и сливки в соотношении примерно 9:1. Обезжиренное молоко подвергается микрофильтрации с использованием керамических мембран, что позволяет удалить из него до 99 % спор масляно-кислых бактерий [20, 21].

В молочной промышленности нанотехнологии и наноматериалы получили наиболее широкое распространение в области мембранной фильтрации. Фильтры и мембраны на основе наноматериалов используются для концентрирования молока при производстве творожных изделий, сыров, для переработки молочной сыворотки, при низкотемпературной стерилизации молока. Применяемые мембранные технологии можно разделить на гиперфильтрацию (микро- и ультрафильтрация, обратный осмос) и электродиализ (ионный обмен, гелефильтрация, сорбция-десорбция).

Гиперфильтрация является физическим способом разделения растворов через полупроницаемую перегородку мембраны с определенным размером пор – от 1 до 1000 нм (0,001–1,0 мкм). Процесс основан

на принципе обратного осмоса. Часть компонентов раствора, в том числе растворитель, проходит через мембрану, а другая, например, белки, задерживается. При этом раствор концентрируется.

При микрофильтрации разделяются суспензии и коллоидные растворы. В этом случае используются мембраны с порами размерами 100–1000 нм. Из сыворотки извлекается остаточный жир в количестве 0,5–1,18 г на 1 л, бактерии остаются на мембране. Этот способ можно применять при холодной стерилизации молочной сыворотки.

Для ультрафильтрации используют полупроницаемые мембраны с порами 10–100 нм. Мембрана задерживает только высокомолекулярные соединения, при этом образуется белковый концентрат, по массовой доле сухих веществ превышающий исходный раствор почти в 3 раза, а в фильтрате содержатся лактоза, около 30 % кальция, 90 % натрия и калия, 70 % магния, 80 % хлора, 50 % фосфора. Наибольшее применение этот метод находит при производстве продуктов детского питания.

Обратный осмос позволяет концентрировать все вещества, находящиеся в растворе, и выделять чистый растворитель. Это процесс сгущения. Применяют полупроницаемые мембраны с порами 1–10 нм. Преимущество данного способа перед сгущением в вакуум-выпарных установках состоит в том, что обратный осмос можно проводить при любых температурах до массовой доли сухих веществ 20–30 %, недостаток – высокомолекулярные вещества осаждаются с низкой скоростью диффузии (сывороточные белки), а это ведет к образованию пограничного слоя из низкомолекулярных соединений (лактоза, соли). Пограничный слой удаляют путем промывания водой, а удаление белково-жировых отложений связано с определенными трудностями, при этом скорость потока фильтрата замедляется.

Использование наномембранных технологий для фракционирования молочных белков при переработке сыворотки нашло применение на белорусских предприятиях – ОАО «Щучинский маслосыр-завод» и ОАО «Березовский сыродельный комбинат».

Сыворотка – вторичный продукт, получаемый при производстве из молочного сырья творога, сыров, масла. Технология получения концентрата сывороточного белкового включает следующие основные этапы: приемка сырья (сывоки) → очистка, сепарирование, микрофильтрация → пастеризация → охлаждение сыворотки и промежуточное хранение → ультрафильтрация сыворотки → сушка жидкого

сывороточного концентрата → упаковка (в четырехслойные бумажные мешки массой по 15 кг), маркировка → хранение продукта → отгрузка.

Конечный продукт – концентрат сывороточный белковый (КСБ) должен соответствовать нормативным документам, в которых установлены требования по органолептическим, физико-химическим показателям и безопасности. По внешнему виду это – сухой мелко-распыленный порошок от белого до кремового цвета. Из физико-химических показателей уделяется внимание массовой доле влаги (не более 5 %), жира (не более 10 %), кислотности (не более 21°Т), индексу растворимости (не более 0,3 см<sup>3</sup> сырого осадка). Массовая доля белка в конечном продукте может быть от 60 до 80 %.

По подпрограмме «Детское питание» Президентской программы «Дети Беларуси» на ОАО «Щучинский маслосырзавод» было закуплено и введено в действие новое прогрессивное технологическое оборудование для производства концентрата сывороточного белкового (КСБ). Современное автоматизированное оборудование компании «TETRA PAK» позволяет получать концентрат сывороточный белковый с массовой долей белка не менее 80 %, который используется для производства продуктов детского питания, для спортивного питания. Наладив производство по выпуску КСБ, можно решить одну из задач импортозамещения. В республике это – второй цех по выпуску КСБ (подобную продукцию производят также в ОАО «Безовский сыродельный комбинат»).

КСБ является одним из компонентов в рецептуре нового ассортимента детского питания. Кроме того, обезжиренный сухой сывороточный белковый концентрат, в сухом остатке которого содержится 60–80 % белка, используется в качестве заменителя яичного белка во взбиваемых пищевых продуктах и фруктовых напитках, в мороженых десертах, наполнителях для йогурта. В мясной промышленности в виде добавки КСБ придает функциональные преимущества конечному продукту из-за более высокой биологической ценности, чем у других белков.

По показателям безопасности КСБ должен соответствовать требованиям, установленным СанПиН к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

КСБ является одним из основных объектов экспорта предприятий-изготовителей этой продукции. До 40 % продукции реализуется на внешнем рынке и 60 % остается для реализации на внутреннем рынке. КСБ реализуется в Москве, Санкт-Петербурге, Смоленске,

Орле, Твери, Новосибирске и других российских городах. Часть продукции отправляется также в Украину. Россия и Украина используют КСБ как рецептурный компонент в производстве питания для спортсменов. В закупках КСБ заинтересован также Израиль. Ведется работа по изучению потребностей Казахстана в КСБ.

В Беларуси основным потребителем КСБ является ОАО «Беллакт», который использует его при производстве сухих молочных смесей для детского питания. ОАО «Минский маргариновый завод» также закупает КСБ как рецептурный компонент для производства высококалорийного майонеза.

Основным направлением научно-технического прогресса в молочной промышленности является повышение эффективности использования сырьевых ресурсов, снижение материалоемкости продукции путем глубокой и комплексной переработки сырья, расширение использования вторичных ресурсов за счет применения нанотехнологий.

Дополнительный прирост продукции, полученный путем сокращения потерь и улучшения использования первичного сырья, обходится в 2–2,5 раза дешевле, чем получение такого же количества продукции за счет роста производства сельхозсырья. Производство КСБ из вторичного молочного сырья с использованием нанотехнологий на предприятии – яркий пример этому.

Мембранные технологии (нанотехнологии) используются для фракционирования молочных белков при переработке подсырной сыворотки в высококачественный заменитель жира (технология компании «APV»). Технология мембранной фильтрации совмещается с тепловой обработкой белка. При этом получается продукт, по вкусу напоминающий молочный жир. Сфера его применения достаточно широка. Например, он может быть добавлен вновь в молоко, предназначенное для выработки сыра типа Гауда, содержащего на 50 % меньше жира, чем обычный, однако с таким же насыщенным «жирным» вкусом. Схема применения нанотехнологий мембранной фильтрации компании «APV» для фракционирования белка, концентрации сывороточного белка, лактозы и получения воды (используемой затем для санитарной мойки оборудования) имеет следующие преимущества:

- меньшее количество операций по обработке молока, предназначенного для выработки сыра;
- меньший объем классической подсырной сыворотки (после процесса изготовления сыра);

- сокращение продолжительности коагуляции;
- снижение количества сычужного фермента;
- повышение твердости сырного зерна;
- значительное повышение выхода продукта;
- использование процесса микропартикуляции (одной из разновидностей микрофльтрации) для достижения более высокого выхода продукта и получения низкожирного сыра с отличным вкусом.

Современная технология мембранной фильтрации APV была освоена на молокоперерабатывающих заводах с установками для производства сухого молока, богатого казеином. Особенность таких порошкообразных продуктов состоит в том, что они могут быть добавлены в молоко в процессе производства творога или сыра с целью увеличения доли сухих веществ. Это делается для того, чтобы после коагуляции все компоненты преобразовались в творог или сыр практически без образования отходов в виде сыворотки. Преимущества данного процесса по сравнению с традиционным очевидны. Для производства 20 т творога или домашнего сыра традиционным способом требуется 52 т молока, при этом образуется 32 т сыворотки. При использовании новой технологии APV требуется 19 т молока и 1 т сухого продукта. Поэтому в зависимости от стоимости сырого молока производители сыра могут сэкономить до 1,8 млн дол. США в год при производстве 20 т творога или домашнего сыра в день.

Практический интерес представляет разработанный во ВНИИ маслodelия и сыроделия (Россия) широкий спектр технологий производства молочной продукции на основе различных ферментных процессов с использованием мембранной нанофльтрации. Аналогичные исследования проводятся также и в Республике Беларусь. Например, технология производства сырных паст на основе альбуминовой массы подсырных сливок и сыворотки. Она решает проблему коррекции структуры пищевого рациона населения путем выпуска недорогих продуктов и повышения рентабельности сыродельного производства, увеличения выпуска продукции из единицы сырья.

Специально подобранное оборудование и технологические приемы обеспечивают получение пасты с высокими органолептическими, санитарно-гигиеническими показателями, стойкой в хранении. С целью снижения выраженности специфического альбуминового вкуса и повышения конкурентоспособности в состав паст вводят вкусо-ароматические ингредиенты – сахар, ванилин и цикорий.

Для придания продукту функциональных свойств пасты обогащают специальными ингредиентами – солями кальция, витамином D и йодказеином. Включение в состав продукта солей кальция (цитрат и карбонат кальция в соотношении 1:3) позволяет эффективно использовать его в профилактике заболеваний опорно-двигательной системы, в частности остеопороза. Сырная паста профилактическая в 100 г продукта содержит 1000 мг ионизированного кальция и 400 МЕ витамина D.

Нанотехнологии достаточно широко используются в молочной промышленности для создания продуктов функционального назначения [3]. Большую работу в этом направлении проводит РУП «Институт мясо-молочной промышленности» НАН Беларуси.

За рубежом развито направление насыщения пищевого сырья биоактивными компонентами, например, витаминами в виде наночастиц. Ультрафльтрация широко используется для управления свойствами пищевых продуктов (аромат, цвет и др.) [18, 22].

Перспективно использование нанотехнологий в хлебопекарной промышленности. В настоящее время примерно 60 % муки производится из зерна невысокого качества, с повышенной обсемененностью спорными бактериями, вызывающими «картофельную болезнь» хлеба. С другой стороны, наметилась устойчивая тенденция к использованию хлебобулочных изделий, как часто употребляемых продуктов питания, для профилактики и оздоровления населения. Для решения этих проблем несомненный интерес представляет использование серебросодержащих пищевых добавок (растворов коллоидного серебра, нанобиокомпозитов). Несмотря на хорошие результаты орошения хлебобулочных изделий после выпечки серебряной водой (концентрация ионов серебра 0,03–0,05 мг/л) или введением в тесто воды с ионами серебра (концентрация 1,6–2,1 мг/л), серебряные нанобиокомпозиты (обогащенные серебром природные цеолиты) являются более перспективной добавкой для хлебобулочных изделий.

Исследованиями доказано, что при введении 3 % от массы муки нанокompозита значительно улучшаются ее микробиологические показатели, то есть использование данных антимикробных добавок при производстве хлеба достаточно перспективно [18, 22].

Широкие возможности использования нанотехнологий имеются в масложировой промышленности. В России разработан метод промышленного применения катализаторов на основе наноразмерного палладия и нанокристаллических материалов для гидрирования

растительного масла. В настоящее время основными катализаторами гидрирования в масложировой промышленности являются катализаторы на основе никеля. Технологический процесс проводят при температуре 180–240 °С и давлении водорода до 5 атм. Поскольку никель и его соединения обладают аллергенным и канцерогенным действием, то после гидрирования требуются дорогостоящие операции по их отделению. Существенные технологические и экологические затруднения возникают также при утилизации отработанного никелевого катализатора. Установлено, что катализаторы на основе нанопалладия имеют ряд преимуществ по сравнению с никелевым катализатором, применяемым в промышленности для гидрирования растительных масел: дозировка катализатора в 100–250 раз ниже, селективность гидрирования по линолевой кислоте выше, в продуктах гидрирования отсутствует токсичный никель, при одинаковой дозировке катализатора и условиях проведения реакции затраты на палладиевый катализатор сопоставимы с затратами на никелевый катализатор.

Для хлебопекарной промышленности разработаны биопрепараты для эффективного биологического предотвращения картофельной болезни и плесневения хлеба. Их основу составляет моновидовая лиофилизированная культура пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freudenreichii*. Биопрепарат характеризуется направленным культивированием в мучной среде микроорганизмов, отличающихся высокими биосинтетическими бактерицидными и пробиотическими свойствами. Применение биопрепарата исключает потери хлеба от возбудителей болезней и плесневения, обогащает витамином В<sub>12</sub>, улучшает физико-химические и органолептические показатели и сокращает продолжительность брожения теста, увеличивает выход продукции из картофельной муки на 2 % [6, 7].

Представляет интерес технология производства хлебобулочных изделий с использованием активированной воды, получаемой путем воздействия электролиза с наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ). Эта технология изменяет количественно и структурно пористость, значительно замедляет процессы очерствения и способствует более полному набуханию крахмалов и белка [8].

Пример использования нанотехнологий в плодоовощной отрасли – облучение плодоовощной продукции при хранении когерентным (лазерным) светом. Экспериментально яблоки обрабатывали квази-монохроматическим светом с высокой и низкой когерентностью.

Высококогерентное излучение с шириной спектральной линии менее 1 нм было получено с помощью гелийнеонового лазера. Источником низкокогерентного излучения являлась лампа накаливания с системой светофильтров, вырезающих спектральную полосу шириной 50–80 нм. В ходе эксперимента было установлено, что при лазерном облучении в течение 20 с уменьшается поражение яблок как гнилью, так и загаром, причем в большей степени это проявилось на физиологическом нарушении – загаре. Через 190 дней хранения эта патология встречалась в 3 раза реже, чем среди необлученных плодов. Для достижения наибольшего биологического эффекта ширина спектральной линии не должна превосходить 20–30 нм. Это условие необходимо не только при обработке плодов, но и других растительных организмов, что позволяет отнести облучение лазерным светом к категории нанотехнологий [6, 8].

Нанотехнологии используются при разработке технологического оборудования для подготовки воды в технологических процессах получения бутилированной воды, продуктов питания, пива, безалкогольных напитков, ликероводочных изделий, парфюмерии и косметики.

Используются комплексные технологии подготовки воды: как классические системы на основе реагентной обработки, ионного обмена, сорбции, фильтрации, так и современные высокотехнологичные процессы очистки на основе мембранных технологий (микро-, ультра-, нанофильтрация и обратный осмос).

Наноструктурные материалы открывают новые перспективы для очистки воды, в том числе от тяжелых металлов. В РФ разработан фильтрующий материал, который предназначен для очистки питьевой и технологической воды, а также улавливания из промывочных вод ценных металлов. Слой наноматериалов в несколько сантиметров способен выделить из жидкости цинк, кадмий, свинец, медь, золото, серебро и фтор, исходная концентрация которых может достигать десятки граммов на 1 л, с эффективностью, близкой к 100 %. Нанопорошки и нановолокна можно гранулировать, что повышает их технологическую ценность. Во многих фильтрах используются наночастицы серебра. В результате получают фильтрующие материалы с улучшенными, а иногда новыми свойствами, такими как бактерицидность, каталитическая активность, избирательная адсорбция. Их применяют для обработки воды, особенно в паводковые периоды, а также в установках обеззараживания бытовых канализационных стоков.

Разработана технология нанотехнологической подготовки микробиологически чистой воды для создания на ее основе сухих порошкообразных продуктов с применением нанографитовых фильтров «Геракл» [6–8].

Промышленные фильтры «Геракл» пригодны для производства бутилированной воды высшего качества, применяются также в системе водоподготовки предприятий пищевой промышленности, для очистки промышленных стоков. В очистке нефтесодержащих вод возможности фильтров «Геракл» уникальны: магистральный фильтр «Геракл» способен за однократную фильтрацию уменьшить содержание нефтепродуктов в воде с 1600 мг/л до 0,3 мг/л.

Наночастицы с заданными свойствами, в частности белки, становятся все более востребованными в области биотехнологии, в фармацевтической и пищевой отраслях. Благодаря своей наноразмерной структуре белковые молекулы рассматриваются как новые материалы для электроники [24, 25]. Обладая третичной структурой, они являются блоками, на основе которых может быть сформирована надмолекулярная структура, например, пленочная.

Уже проведен ряд исследований, с помощью которых были получены иммунные препараты из молочного белка. В последние годы показана возможность использования иммунных белков молока и молозива для адекватной замены естественного вскармливания.

Особое внимание уделяется лактоферрину, входящему в защитный белковый комплекс молока. Помимо лактоферрина, в него входит уже хорошо изученный полифункциональный белок ангиогенин, который является иммуномодулятором [23].

Перечисленные препараты – только малая часть того, что можно получить из молока. Нанотехнологии позволят не только расширить этот ассортимент, но и понять свойства полученных объектов. Особенно актуально создание новых способов и соответствующего оборудования для обработки термочувствительных материалов с возможностью получения продукта с заданными свойствами. Однако очень важно понимание этого процесса на молекулярном уровне, который все еще остается недостаточно изученным. При этом первостепенной задачей при получении материалов биологической природы остается сохранение исходных компонентов, питательной и терапевтической ценности, органолептических свойств продуктов с размером частиц микро- и наномасштаба.

В технологии создания наночастиц существует два принципиально разных подхода к обработке вещества:

1) «сверху вниз», то есть уменьшение размеров физических тел механической или иной обработкой до объектов с нанометровыми параметрами;

2) «снизу вверх», то есть сборка создаваемого нанобъекта из элементов «нижнего порядка» (атомов, структурных фрагментов биологических клеток и т. п.).

Считается, что для получения иммунных белковых наночастиц рационально использовать первый метод как более дешевый и доступный для молочной промышленности [22–24].

Известно, что переработка молока (пастеризация или стерилизация) снижает полезные свойства, характерные для сырого молока, в том числе иммунные. Установлено, что при температуре 80 °С (по другим данным, до 70 °С) иммуноглобулины теряют свои иммунные свойства [26]. Однако интерес ученых к иммунным свойствам молока не ослабевает. Возможно, при более детальном изучении нанотехнологии молочных белков можно выделить и ранее неизвестные нанобъекты, обладающие выраженными иммунными свойствами.

Одним из путей использования иммунных белков может стать обогащение пастеризованного (или стерилизованного) молока. Это позволит не только повысить уровень белка до 3 % и более, но, что более важно, вернуть молоку его первоначальные свойства (в частности, иммунные).

Таким образом, нанотехнологии дают возможность рассматривать белок молока как наночастицу, обладающую еще недостаточно изученными свойствами. Именно поэтому они представляются весьма перспективными для получения новых конструктивных белковых материалов, ценных фармацевтических препаратов и т. п. [23].

Пастеризация молока является одним из основных процессов в молочной промышленности. Проводится она с целью не только уничтожения патогенной микрофлоры, но и инактивации ферментных систем и создания определенных качеств готового продукта. Традиционная высокотемпературная обработка молока гарантирует высокую стерильность, но при этом приводит к разрушению белков, жиров, витаминов и микроэлементов, что в конечном итоге неблагоприятно сказывается на продукте в целом.

Изменяются биологические и физико-химические свойства исходного сырья, при этом не происходит полного уничтожения вегетативных и споровых форм болезнетворных бактерий, что приво-

дит к уменьшению стойкости, преждевременному скисанию и потере товарных свойств конечной продукции; применяемое оборудование имеет значительную энергоемкость.

Инфракрасное (ИК) облучение по сравнению с традиционной тепловой обработкой оказывает более сильное бактерицидное действие из-за того, что тепло к микроорганизмам подводится не только извне, но и за счет поглощения генерируется внутри самих микроорганизмов, вызывая, кроме того, поляризацию их структуры. Под воздействием сразу двух факторов – развития «внутреннего тепла» и поляризации – микроорганизмы погибают гораздо быстрее. Процесс пастеризации в секции ИК-нагрева проходит в течение 2–5 с при заданной температуре, вследствие чего жиры, белки, углеводы и витамины разрушаются в гораздо меньшей степени.

Еще одним преимуществом ИК-нагрева является то, что воздействие на продукт происходит равномерно, так как излучение проникает вглубь одновременно по всему объему. Благодаря мгновенному воздействию излучения с высокой плотностью потока энергии создаются необходимые условия для ликвидации токсичной и балластной микрофлоры, что обеспечивает повышенную, по сравнению с другими методами, сохранность продукта. При этом предохраняются от разрушения полезные биологические структуры. Молоко после ИК-облучения также приобретает специфический фактор, угнетающий развитие микрофлоры, что приводит к увеличению сроков хранения.

Из научной литературы известны технологии обработки молока инфракрасным облучением, дающие более эффективные результаты. Смысл данных технологий заключается в том, что каждая составляющая часть молока имеет присущий только ей спектр поглощения. Учитывая разрушающее действие ИК-излучения на органические компоненты молока (жиры, белки, углеводы и т. д.), можно проводить целенаправленную обработку молока, селективно воздействуя на определенные составляющие [27].

Использование данных технологий сдерживалось сложностью изготовления инфракрасных излучателей с регулируемыми параметрами мощности и длины волны излучения. Однако развитие нанотехнологий и применение новейших материалов позволило изготовить инфракрасные тепловыделяющие элементы – излучатели с регулируемой шириной спектра и мощностью излучения.

#### **2.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УПАКОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Трудно переоценить значение упаковки в современной мировой экономике. Упаковка превратилась в самостоятельную отрасль промышленности, имеющую большое значение для народного хозяйства. Современная упаковка обеспечивает высокое качество продукции и одновременно служит связующим звеном между сферами производства и потребления. Упаковка доказала свою незаменимость в повседневной жизни потребителей и стала одним из показателей качества жизни.

Известно, что применение нанотехнологий при производстве упаковочных материалов для пищевых продуктов и материалов, контактирующих с ними, увеличивает сроки годности пищевых продуктов.

Использование нанотехнологий в производстве упаковок для увеличения сроков годности пищевых продуктов – одна из лидирующих сфер применения нанотехнологий в пищевой промышленности. Сегодня зарегистрировано от 400 до 500 подобных материалов. Согласно прогнозам, к 2015 г. их доля в общем массиве упаковок составит не менее 25 %.

Основной механизм увеличения срока годности пищевых продуктов за счет использования нанотехнологий заключается в повышении барьерных функций упаковочного материала. При этом задействованы следующие механизмы: снижение микробной контаминации (за счет уменьшения размеров пор), а также воздействия УФ-излучения на продукт (за счет введения в упаковку наночастиц, поглощающих УФ-излучение, например, наночастиц диоксида титана).

Применение нанотехнологий в упаковочной отрасли перспективно для решения таких задач, как создание упаковки с высоким уровнем барьерных и механических свойств, создание «умной» smart-упаковки с высокими защитными свойствами и биологически активным действием, использование наноматериалов для формирования специальных сверхтонких защитных слоев на металлических, полимерных и других подложках (антиадгезионные, упрочняющие и бактерицидные покрытия), построение сомоорганизующихся защитных материалов из компонентов в наноформе.

«Умная» упаковка не только защищает и демонстрирует содержимое. В ней заложено гораздо больше возможностей, чем просто

быть носителем печатной информации и штрихкода. Находясь еще на начальной стадии развития, smart-упаковка уже спасает жизни, предотвращает заболевания, снижает уровень затрат, предупреждает совершение ошибок и преступлений, дает новую жизнь брендам. И со стороны производителей упаковки было бы неразумно игнорировать возможности «умной» упаковки, так как она является основным средством избежать обезличивания товаров и стирания индивидуальности брендов.

«Умная» упаковка способна, например, самостоятельно указать дату выпуска продукции, идентифицировать свое место в цепи поставок, напомнить о состоянии своего скоропортящегося содержания, подтвердить подлинность продукции, изменить условия хранения и даже вкусовые качества самой упакованной продукции.

Первоначально создание «умной» упаковки было направлено на защиту продукции от фальсификации и мошенничества. Проблема актуальна, и здесь на помощь производителям приходят такие новейшие технические разработки, как RFID-метки (*англ.* Radio Frequency Identification – радиочастотная идентификация). Это – метод автоматической идентификации объектов, при применении которого посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах (приемно-подающих устройствах, посылающих сигнал в ответ на принятый) или RFID-метках. Так можно предупреждать хищения из торговых залов, библиотек и т. д. RFID-этикетки служат основой новейших систем логистики товаров или учета в складских хозяйствах.

В настоящее время понятие «умной (интеллектуальной)» упаковки вышло далеко за рамки простой защиты продукции от подделок и мошенничества. Термин «интеллект» стал всеобъемлющим. «Интеллект» (smartness) в упаковке – теперь широкое понятие, охватывающее огромный набор функциональных возможностей в зависимости от типа упаковываемого изделия, в том числе продуктов питания, напитков, фармацевтических препаратов, бытовых товаров и т. д.

Благодаря функциональному «интеллекту» упаковка способна:

- сохранять целостность и активно предотвращать порчу продуктов (т. е. увеличить срок годности);
- улучшать характеристики продукта (товарный вид, вкус, цвет, аромат и т. д.);
- активно реагировать на изменения, происходящие в самом продукте и во внутренней среде упаковки;

- сообщать потребителю информацию о товаре, об истории на грузок или условиях хранения продукта;
- помогать открывать упаковку и контролировать ее целостность;
- подтверждать подлинность продукта и способствовать борьбе с хищениями.

В smart-упаковке каждая ее функция включается и выключается в ответ на изменение внешних (внутренних) условий, и она может информировать конечного потребителя относительно состояния продукта. Простое определение «интеллектуальной» упаковки – это «упаковка, которая чувствует и информирует».

Рассмотрим особенности некоторых «интеллектуальных» упаковок, которые активно внедряются на мировом рынке.

Компания COX Technologies разработала метку – цветовой индикатор, контролирующей степень свежести морепродуктов. Индикатор выполнен в виде небольшой самоклеящейся этикетки, прикрепляемой с внешней стороны упаковочного материала. Небольшой зубец, расположенный на оборотной стороне метки, проникает через упаковочный материал и позволяет проходить наружу летучим аминам, образующимся при порче морепродуктов. Эти амины пропускаются через фитиль химического датчика, который постепенно окрашивает метку свежести в ярко-розовый цвет, когда морепродукты портятся [28]. Упаковка с подобной меткой-индикатором может применяться для контроля свежести не только морепродуктов, но и других скоропортящихся товаров, например, мяса и мясопродуктов.

Представленные примеры демонстрируют в большей степени сигнализирующую роль упаковки, предупреждающей потребителя о небезопасности содержащейся в ней продукции, тем самым помогая избежать отравления и даже летальных случаев.

В упаковочных материалах для пищевых продуктов используют наномаркеры.

Общей целью использования наномаркеров в упаковке пищевых продуктов является информирование потребителя о соответствии продукта требуемым параметрам безопасности. Причем оно осуществляется визуально (например, изменением цвета определенных меток, нанесенных на упаковку) и не требует для оценки какого-либо оборудования, то есть его может легко проводить конечный потребитель или продавец розничной сети.

Используя наноматериалы, можно создать покрытие с «тревожной системой», предупреждающей о начале атаки микрофлоры на

упаковку и продукт. Применение наноматериалов и нанотехнологий позволяет уже сегодня разрабатывать защитные материалы и упаковки с новым комплексом свойств и возможностей [29].

Такие наномаркеры, например, могут контролировать температуру хранения, влажность воздуха, степень воздействия УФ-излучения, появление микробной контаминации. Принцип действия этих маркеров базируется на применении сенсоров, представляющих собой гибридные наноструктуры, включающие антитела, ферменты и неорганические наноматериалы, например, углеродные нанотрубки.

Другим аспектом использования наномаркеров является изготовление уникальных этикеток, позволяющих лучше отследить происхождение сырья, полуфабриката, конечного продукта, а также эффективнее бороться с контрафактными товарами.

Для пищевой промышленности наибольший интерес представляют упаковки, способные предотвращать саму порчу продукции. Например, мясо и мясные продукты – особо благоприятная среда для развития бактерий, обладающих высокой активностью в водной среде, следовательно, эта категория продуктов в большей мере подвержена порче. Производство мяса и мясных продуктов всегда было и остается наиболее трудоемкой и дорогостоящей отраслью, к качеству мясных продуктов предъявляются самые высокие требования.

Как правило, уже через несколько дней качество натурального мясного продукта снижается, а при некоторых условиях он становится совсем непригодным для употребления в пищу.

Существуют два принципиальных показателя порчи сырого красного мяса: рост микробиоты и окисление красного оксимиоглобинового пигмента. Когда красное мясо хранится при заданной нормативными документами температуре, единственный и самый важный контролируемый параметр увеличения срока хранения продукта – уровень окисления оксимиоглобинового пигмента, его переход в коричневую окисленную форму – метмиоглобин. Таким образом, в упаковке с мясом должно находиться достаточно высокое количество кислорода, чтобы сохранять красную пигментацию мяса на более длительный период. Высокопигментированные сорта мяса, такие как оленина и свинина, требуют более высокой концентрации кислорода [29, 30].

Smart-регулирование состава газовой среды – одна из задач nanoупаковки.

Деятельность аэробных бактерий, которые присутствуют в качестве естественной микрофлоры в красном мясе, нейтрализуется в среде диоксида углерода. Поэтому для мясных натуральных продуктов в охлажденном состоянии применяют «интеллектуальные» упаковки с модифицированной газовой средой. Классический способ упаковки в модифицированную газовую среду – это способ защиты продуктов от микроорганизмов, которые продолжают разрушать продукт даже при низких температурах. Газовая смесь, выбранная с учетом таких факторов воздействия на продукт, как тип и количество микроорганизмов, активность воды, pH, дыхание клеток, температура, состав продукта и особенности технологии его производства, позволяет продлить состояние свежести продуктов без консервации. Применяемые атмосферные газы – азот, кислород, двуокись углерода – используются по отдельности или в комбинации для производства газовых смесей, предназначенных для хранения продуктов питания.

Важнейшая задача, реализуемая с помощью технологии регулирования газовой среды, – подавление роста микроорганизмов на поверхности продукта. Это позволяет сохранить первоначальные вкусовые и ароматические свойства продукта, а также его внешний вид и цвет на более длительное время и за счет этого значительно (иногда в 2–3 раза) увеличить срок хранения продукта без применения дополнительных консервантов, вакуумирования, замораживания и пр.

Новая smart-упаковка реагирует на изменения условий хранения упакованного мяса и меняет газовый состав внутри упаковки так, чтобы подавить рост микроорганизмов. Например, при увеличении температуры концентрация диоксида углерода увеличивается, тем самым нейтрализуя действие бактерий, а при возвращении температуры к исходной соотношение кислорода и диоксида углерода вновь становится оптимальным для конкретного продукта. Таким образом, новая «интеллектуальная» упаковка адаптируется к изменениям условий хранения продукции и содержит в себе все самое лучшее от способов упаковки в модифицированной и регулируемой газовой среде.

Термохромный эффект – защита от солнца – также обеспечивается новой упаковкой. Под влиянием ультрафиолетовых лучей мясо и другие продукты обесцвечиваются. Эти изменения не делают мясо непригодным для пищевых целей, но его уже нельзя выпустить в свободную реализацию, а возможно использовать только для



промышленной переработки. Следовательно, производители несут убытки. Возникает необходимость защитить мясные продукты от действия УФ-лучей.

Материалы, обладающие термохромным эффектом, могут служить отличным примером использования новых производственных материалов в создании smart-упаковки [29–31].

В основе такого эффекта лежит явление термохромизма. Термохромизм представляет собой явление изменения цвета под действием температуры. В состав материалов с термохромным эффектом входят микрокапсулированные термохромные пигменты, в которых под влиянием химических и физических превращений и происходят цветовые изменения. Такая упаковка, помимо функции сигнализации (изменение цвета при изменении температуры) о неправильных условиях хранения, обладает еще и способностью избирательно пропускать ультрафиолетовые лучи.

Упаковка с термохромным эффектом может быть привлекательной для потребителей и с точки зрения дизайнерского решения, и с точки зрения безопасности покупаемой продукции. Эта упаковка способна защитить продукцию при неблагоприятном воздействии окружающей среды и, если продукция все же испортилась, сообщить об опасности содержимого как потребителю, так и продавцу. И главное, использование термохромных материалов для изготовления упаковки в десятки раз дешевле применения фотохромных.

Нанотехнологии открывают новые возможности в производстве так называемой «активной» упаковки, предохраняющей продукт от микробиологической порчи. В состав таких упаковочных материалов вводятся наночастицы серебра и оксида цинка, антимикробный эффект которых хорошо изучен [28–31].

«Интеллектуальная» упаковка представляет собой материал со встроенными наносенсорами. Устройства наносенсоров являются, как правило, ноу-хау изготовителей. Однако на основе немногочисленных обзорных сообщений по данному вопросу можно предположить, что они являются гибридными структурами, состоящими из рецепторных молекул органического происхождения (ДНК, РНК, ферментов, антител), гибко связанных элементов углеродных нанотрубок и «эффекторных механизмов». Последние представляют собой структуры на основе органических полимеров, меняющие свой цвет и отражающую способность флюоресценции в зависимости от изменения локального химического окружения. Большинство систем данного типа находятся в стадии разработки или внедряются в весьма

ограниченных количествах, поэтому потенциальные риски, связанные с ними, следует, по-видимому, признать значительными.

Еще одно направление применения нанотехнологий в упаковке – использование тонкопленочных датчиков, которые информируют потребителя, изготовителя о состоянии упакованной мясомолочной продукции, фруктов, овощей. Например, полимерная пленка толщиной несколько микрон с рисунком, который меняет свою форму или цвет в зависимости от химического и биологического состава продукта в процессе его хранения или от наличия специфических ферментов в биологическом образце. Полимеры, разработанные учеными в рамках этой технологии, программируются на отклик на строго определенные вещества.

Американская компания системных инноваций IriFini разработала программируемый контейнер для жидкостей, на поверхности которого размещается 20 кнопок. Нажатие на них приводит к впрыскиванию в жидкость различных добавок. Потребитель может по своему вкусу добавить в напиток различные ароматы, вкусовые добавки, красители, самостоятельно моделировать цвет, вкус и запах напитка. Данная технология дает возможность одним контейнером заменить ряд вариантов продукта [32].

Нанотехнологии преобразуют пищевое производство и многие технологические процессы, выводя их на новый качественный уровень. Характеристика некоторых новых видов упаковки на основе нанокompозитов и области их применения приведены в табл. 6 [7, 32].

Одно из ведущих направлений внедрения нанотехнологий в упаковочную отрасль – создание упаковки с высоким уровнем барьерных и физико-механических свойств на основе наноматериалов. Полимерные нанокompозиты создаются при смешивании нанонаполнителей и термопластичных или терморезактивных полимеров. Их свойства выгодно отличаются от свойств обычных материалов: это повышенные прочность и жесткость, деформационная стойкость, устойчивость к ультрафиолетовому облучению, улучшенные барьерные характеристики. Благодаря этим качествам новые материалы приобретают признаки мембран с селективной проницаемостью, тепловой и электрической проводимостью.

Ученые из Нью-Джерси (США) сообщают об успешной разработке нового типа материала, отталкивающего жидкость. Поверхность, покрытая этим материалом, может не только отталкивать жидкость, но и идеально ее впитывать при подключении электроэнергии [33].

Новые виды упаковки на основе нанокмппозитов

Производитель	Наименование материала	Вид полимерной матрицы	Модификатор	Улучшенные показатели качества	Область применения
Lanxess	Durethan	Полиамид	Наноглина	Высокие барьерные свойства	Упаковочная пленка
Basell USA	Hifax	Полиолефин	--<<	Модуль упругости, предел прочности к истиранию, проколу	Тара, упаковочная пленка
Honeywell Polymer	Aedis JX, aedis NC	Полиамид (нейлон), мембрана (нейлон)	--<<	Барьерные свойства	Пленка, емкости для пива
Mitsubishi ai Gas Chemical Company	Imperia	Нейлон, полиэтилен-терефталат (ПЭТ)	--<<	Барьерные свойства, жесткость, прочность, термостойчивость	Пленки, контейнеры, емкости для пива, ПЭТ-бутылки
Poione (композит)	Nanoblend	Полифетгнеленоксид	--<<	Барьерные свойства, прочность	Тароупаковочные материалы
Cello-Glass	Cellomed	Древесная целлюлоза	Наночастицы серебра	Антимикробная защита от стафилококка и кишечной палочки	Упаковка, подносы для еды, тара
Ge Plasticx	Nory GTX	Нейлон, полиолефиноксид	Наногрубки	Электро- и теплопроводность	Специальные тароупаковочные материалы

Нанесение сверхтонких слоев наноматериалов используется для увеличения износостойкости, антипригарных и защитных свойств для металлических и полимерных покрытий. Возможности нанопокровтий будут увеличиваться по мере развития технологии создания все более тонких слоев – субстратов (подложек).

Для сверхтонких покрытий характерны принципиально новые свойства: увеличение уровня защиты от ультрафиолетового излучения, антимикробная активность, изменение цвета в зависимости от угла зрения, более высокая однородность слоя.

Таким образом, барьерный потенциал упаковки обеспечивает:

а) снижение микробной контаминации (за счет уменьшения размеров пор); б) уменьшение воздействия УФ-излучения на продукт (за счет введения в упаковку наночастиц, поглощающих УФ-излучение, например наночастиц диоксида титана);

в) повышение газобарьерных свойств упаковки путем модификации частицами наноглин [35, 36].

Тонкие пленки, модифицированные наночастицами  $TiO_2$ , характеризуются (в отличие от добавок органических веществ) практически равномерным поглощением УФ-лучей в ближней (290–350 нм) и дальней (250–290 нм) областях. Ламинарное расположение частиц наноглины, имеющих форму тонких пластинок, в массиве полимерного нанокмппозита позволяет данному материалу препятствовать процессам диффузии молекул  $O_2$  из внешней среды в продукт, помогая предохранять от перекисного окисления растительные масла и предупреждать выход молекул  $CO_2$  из продукта во внешнюю среду (увеличивая длительность сохранения газированных напитков и пива). Композиты на основе природных биосовместимых полимеров (крахмал), содержащие наноглины, характеризуются легкой биodeградацией в окружающей среде, что позволяет в значительной мере снять существующую проблему утилизации упаковочных материалов [30].

Тонкие пленки восков или парафинов (разрешенные пищевые добавки E905 и E908–E910) традиционно применяются для защиты некоторых пищевых продуктов (фруктов, овощей, сыров и пр.) от высыхания. Нанотехнологии позволяют существенно модифицировать данный вид защитной упаковки путем введения пленок нанометровой толщины. Это значительно уменьшает количество поглощаемых с продуктом восков или парафинов, а значит – и потенциальный риск, связанный с потреблением этих веществ. Нанотехнологические пленочные покрытия могут применяться и для таких

видов продуктов, где ранее это не практиковалось (например, хлебобулочные изделия) [29].

Шведские ученые из Королевского института высоких технологий считают, что добавление наночастиц в полимеры значительно повышает их водонепроницаемость и барьерные свойства. Новые материалы в 4 раза более герметичны, чем традиционные полимерные аналоги. Основными наполнителями являются наноглины и нанотрубки, наночастицы металлов. Используются также нановолокна, частицы с пористой матричной структурой, фибриллы, нанопластины и нанонити. Полученные таким способом материалы и тара позволят улучшить механические, барьерные характеристики упаковки, повысить ее прочность, термостойкость, водостойкость, стабильность свойств во времени.

Фирма Bayer Polymers разработала упаковочную пленку, более легкую, прочную и теплостойкую, чем имеющиеся на рынке в настоящее время. Основное назначение упаковочных пленок – предотвращение высыхания продукта и защита его от воздействия влаги и кислорода. Новая пленка, известная как «гибридная система», обогащена огромным числом силикатных наночастиц, которые значительно уменьшают проникновение кислорода и других газов, а также способствуют удалению влаги и предохранению продуктов от порчи.

Другие производители ищут возможности на основе нанотехнологий облегчить обнаружение загрязнения пищевых продуктов. Например, фирма AgroMicron разработана аэрозоль NanoBio luminescence Detection Spray для притягивания микробов, таких как *Salmonella* и *E. coli*, к поверхности упаковочной пленки. При этом излучается свечение, облегчающее обнаружение загрязнения пищевых продуктов или напитков.

В соответствии со стратегией обеспечения безопасности пищевых продуктов по проекту ЕС Good Food Project был разработан портативный нанодатчик для обнаружения химикатов, болезнетворных микроорганизмов и токсинов в продуктах питания. Устройство с использованием биочипов ДНК для обнаружения патогенных микроорганизмов – метод, позволяющий выявить наличие вредных бактерий в мясе или рыбе, а также грибковые заболевания фруктов. Планируется создать датчики Good Food sensors на основе микроматриц для выявления пестицидов на фруктах и овощах, а также для контроля микроклимата в фермерских хозяйствах.

Разрабатывается идея создания «умной» упаковки, способной служить «нанохолодильником» и регулировать температуру внутри себя. Эта упаковка имеет высокий уровень защиты продуктов [35].

Таким образом, использование качественно новых защитных свойств современной упаковки, полученной с использованием нанотехнологий, позволит значительно повысить сроки хранения и безопасность пищевой продукции.

Нанотехнологии нашли применение в борьбе с мошенничеством.

Ученые продолжают разработку новых надежных способов выявления ложных товаров с помощью нанотехнологий [37].

В скором времени не только вещи, но и каждый человек станет объектом применения новых технологий, предотвращающих обман и мошенничество. Наряду с валютой с ее металлическими полосами и специальными красителями, в сферу защитных технологий окажутся вовлеченными даже бутылки вина. Французская компания Cypher Science разработала методику, с помощью которой молекулами ДНК, как невидимыми чернилами, может быть помечена продукция, защищенная фирменными знаками. На поверхность бутылки наносится ничтожное количество молекул, которые впоследствии без особого труда могут быть размножены в лабораторных условиях, останется лишь «прочитать» их код и удостовериться в подлинности и происхождении продукта.

Технология мечения молекулами ДНК проходит начальный этап своего развития, однако ее будущий успех не вызывает сомнений. Молекулы ДНК невидимы, и их невозможно подделать. Кроме того, они чрезвычайно универсальны и могут быть введены в состав красителей, лаков, клея или нанесены непосредственно на поверхность. Данная технология будет иметь огромный коммерческий успех благодаря своей экономичности, поскольку в ней используются лишь незначительные количества ДНК. Любой товар может быть промаркирован: от наручных часов до крупных нерассортированных партий первичных материалов (например, зерна, картофеля, овощей).

В колледже Тринити (Дублин, Ирландия) разрабатывается еще один невидимый маркер – флюоресцирующие полимеры, которые могут быть введены в упаковочные материалы и выявлены благодаря присущим им особым характеристикам излучения света.

Каждая молекула обладает своим собственным характерным спектральным признаком. Внося химическим способом небольшие изменения в структуру полимера, можно вызывать и изменения его

характеристик излучения света. Даже если мошенникам удастся определить спектр излучения света полимерного маркера, они не смогут выяснить его химическое строение для последующего воспроизведения.

Для оценки маркера будут применяться детекторы размером с коробку сигарет и стоимостью, аналогичной стоимости устройства для считывания штриховых кодов.

«Умные» химические тесты позволят достичь успехов и в борьбе с подделками в пищевой промышленности. Странами ЕС осуществляется проект по созданию методов выявления примеси мягкой пшеницы в ее твердых сортах. Учитывая разницу в цене и качестве между твердой и мягкой пшеницей, разрабатываемые методы представляют большой интерес для импортеров зерна. Розничная торговля также нуждается в надежных гарантиях качества продукции.

Два набора реагентов для проведения иммунологических тестов, позволяющих обнаруживать белки, встречающиеся в твердой пшенице, но отсутствующие в мягкой, уже стали коммерчески доступными. Они могут быть использованы, например, для проведения быстрых проверок танкеров, транспортирующих тысячи тонн муки.

Использование уникальных свойств маркеров – ДНК, полимеры или белки – приведет к значительному прогрессу в деле обнаружения поддельной продукции.

Анализ имеющейся литературы позволяет заключить, что приоритетными видами наноматериалов, используемых при производстве упаковки пищевых продуктов, являются наноразмерные диоксид титана, оксид цинка, алюмосиликаты (наноглины), коллоидное серебро, воск или парафины в виде пленок нанометровой толщины.

Упаковочные материалы должны быть не только стабильными по эксплуатационным свойствам, но и легко уничтожаться после использования. Традиционно в качестве упаковочных материалов широко применяются синтетические полимеры, ежегодный выпуск которых в мире составляет около 130 млн т с годовым приростом около 10 %. В связи с трудностями утилизации больших объемов отработанных упаковочных материалов из полимеров ведутся разработки по созданию наноструктурированных упаковочных материалов, в которых один компонент синтетический, а другой – природный. Последний, помимо надлежащих эксплуатационных свойств, обеспечивает быструю биodeградацию и разложение упаковочного материала. За рубежом создаются полимерные материалы из кукурузы, соевых бобов, льна, конопли, пшеницы. В России

в качестве наполнителя были предложены отходы мукомольно-крупяных, сахарных, кондитерских и крахмалопаточных предприятий: лузга зерновая (рисовая, гречневая, просяная), мезга картофельная, кукурузная, жом свекловичный, лузга подсолнечная. Полимерной матрицей служили полиэтиленовые и полипропиленовые отходы с температурой переработки не выше 120–230 °С, что исключало тепловую деструкцию наполнителя. В результате исследований было выявлено, что размер частиц наполнителя не должен превышать 450–500 мкм, влажность сырья – не более 10 %. Специалистами МГУПП, и ВНИИ крахмалопродуктов разработана схема подготовки всех видов отходов для получения полимерных композиций, предусматривающая сушку, удаление металломагнитных примесей и измельчение (рис. 7), а также исходные требования к отходам как сырью для создания биоразлагаемых упаковочных полимерных композиций [5–7].

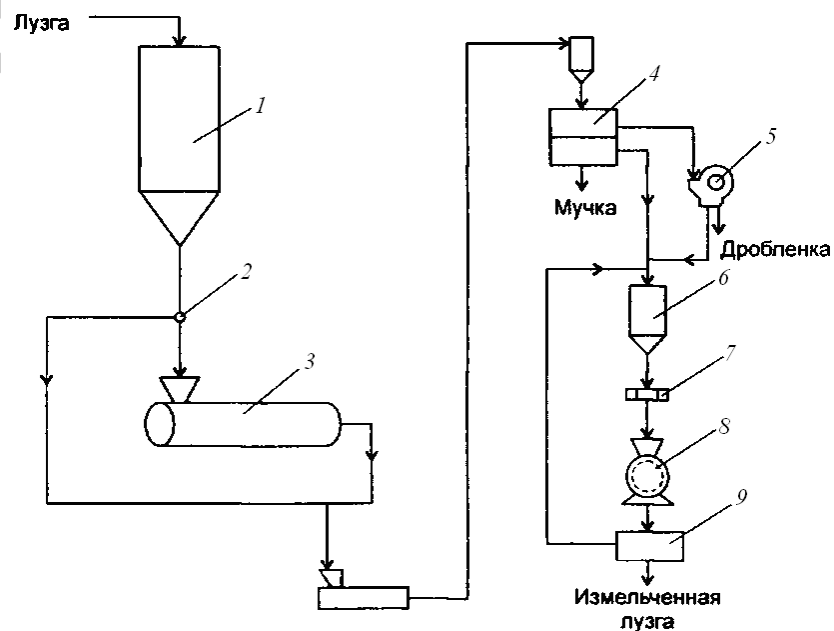


Рис. 7. Схема подготовки отходов для ввода в полимерные композиции:  
1, 6 – бункеры; 2 – переключатель; 3 – сушилка; 4 – просеивающая машина;  
5 – аспиратор; 7 – магнитный сепаратор; 8, 9 – измельчители с классификатором

Основной сегмент потребления разлагаемой упаковки – производство одноразовой посуды, мешков для мусора и органических отходов, пленки сельскохозяйственного назначения и др. Мировое производство биоразлагаемых пластиков составляет уже более 140 млн т, и эта цифра будет увеличиваться. По прогнозам аналитиков, к 2015 г. емкость мирового рынка биоразлагаемой упаковки возрастет до 150 млн т [6, 7].

### **3. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОНТРОЛЬ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ ИНЖЕНЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ**

---

В соответствии с базовыми текстами Codex Alimentarius, безопасность пищевых продуктов – гарантия того, что продовольствие не будет причинять вред потребителю, когда оно готово и/или съедено согласно его предназначению.

Безопасность пищевых продуктов в Республике Беларусь строго регулируется законами, постановлениями Совета Министров, нормируется техническими регламентами, стандартами, техническими условиями, СанПиН по требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Пищевые продукты могут быть поставщиками чужеродных химических веществ или контаминантов в организм человека (до 40–50 %). По расчетам ученых, практически здоровыми людьми в Беларуси можно считать только 20 % населения. Болезни обмена веществ, сердечно-сосудистые и другие заболевания связаны, в определенной степени, с нарушением питания, в котором ощущается недостаток витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, пребиотиков (например, олигосахаридов), некоторых видов полезных микроорганизмов (пробиотиков).

Ухудшение экологической обстановки в стране (работа промышленных предприятий, зоны земледелия, неблагоприятные в рациональном отношении и т. п.) приводит к загрязнению пищевого сырья.

В результате неблагоприятной экологической ситуации в нашей стране наблюдается рост числа и интенсивности физических и химических факторов, оказывающих негативное влияние на человека и окружающую среду.

Особого внимания заслуживает безопасность трансгенных пищевых продуктов, а также безопасность пищевых нанотехнологий.

Технология продуктов питания, полученных путем генетической модификации, основана на превращениях наноструктур пищевого сырья (белок, жир, углеводы, ферменты и пр.), а также на использовании таких наноматериалов, как бактериальные ферментные препараты, которые продуцируются генетически модифицированными микроорганизмами.

Степень безопасности пищевого продукта, полученного из генетически модифицированного организма, определяется на основании результатов сравнения данного продукта с наиболее сходным с ним продуктом, безопасность использования которого доказана временем. Такой подход получил название концепции существенной эквивалентности, которая является исходной точкой при оценке безопасности генетически модифицированного продукта. Эта концепция разработана совместно несколькими независимыми международными организациями, а также специально созданными группами экспертов.

Существенная эквивалентность (или ее отсутствие) устанавливаются для того, чтобы определить, по каким методикам необходимо проводить оценку безопасности продукта. Такой подход подразумевает, что целью оценки не может быть установление абсолютной безопасности. Важным является вывод, что если пищевой продукт, полученный методом генетической модификации, является эквивалентным, то он так же безопасен, как и соответствующий ему обычный пищевой продукт.

Чтобы установить, является ли новый вид пищевых продуктов существенно эквивалентным, необходимо провести подробное сравнение этого пищевого продукта с его обычным аналогом, то есть с наиболее сходным существующим пищевым продуктом или ингредиентом. Для этого, кроме общих характеристик, необходима информация о генетическом фоне организма, источнике переносимого гена (генов) и функции гена (генов), подвергшегося модификации. Например, для растений, культивируемых с целью получения белка или муки, основным требованием будет определение аминокислотного состава белков, а для масличных культур – идентификация жирных кислот. Поскольку в масличном рапсе известными токсикантами являются некоторые глюкозинолаты, минимальным требованием при определении существенной эквивалентности является сравнение четырех основных алкилглюкозинолатов, в то время как в сое необходимо определить содержание восьми других антипитательных веществ.

Кроме того, необходимо также учитывать способы технологической обработки, которым подвергался пищевой продукт, его роль в рационе питания, а также те продукты, которые предполагается заменить, и вероятные уровни их потребления.

В некоторых случаях технологическая обработка устраняет различия между пищевым продуктом, полученным методами генетической модификации, и его аналогом, даже когда генетически модифицированная культура и ее обычный аналог, из которого получен этот продукт, могут не быть существенно эквивалентными. Например, новый ген (допустим, обеспечивающий защиту от насекомых) и его генный продукт – белок могут присутствовать в генетически модифицированном растении, однако полученное из него масло высокой степени очистки не будет содержать ни ДНК, ни белка. Если, кроме того, идентификация жирных кислот и других характерных компонентов, присутствующих в рафинированном масле, не выявляет никаких различий, масло, полученное из генетически модифицированной культуры, будет считаться существенно эквивалентным.

Основной проблемой при проверке на эквивалентность является огромное разнообразие пищевых продуктов и рационов питания. Большинство пищевых продуктов как растительного, так и животного происхождения представляют собой сложные смеси ингредиентов. Кроме того, существенные изменения в химическом составе продуктов вызывает технологическая обработка.

При этом, наряду с имеющейся достаточно подробной информацией о качественном и количественном составе основных макро- и микронутриентов пищевых продуктов и натуральных токсикантов, сравнительно мало известно о гораздо большем числе второстепенных, особенно непивших компонентов продуктов питания. Именно детальное изучение состава пищевого продукта и его оптимального содержания имеет первостепенное значение для оценки влияния изменений его состава в результате генетической модификации на показатели гигиенической безопасности и пищевой ценности продукта.

При проведении таких оценок пищевых продуктов, полученных методами генетической модификации, имеющаяся довольно ограниченная информация о составе обычных сортов культур может быть дополнена. Профиль вторичных метаболитов растений часто является характерным для определенного вида и представляет собой ценный «отпечаток пальцев» при установлении суще-

ственной эквивалентности. Осуществляется проект по созданию базы данных (BASIS – система информации о биологически активных веществах) о составе культур, в которой будет содержаться информация о вторичных метаболитах растений, включая ядовитые вещества, и соответствующие данные о профилях биологической активности.

В сравнительном методе существенной эквивалентности выделяются три категории пищевых продуктов, полученных методами генетической модификации, по которым определяется, какая именно оценка безопасности требуется:

1 категория – новый вид пищевых продуктов эквивалентен уже имеющимся пищевым продуктам. Эти продукты считаются такими же безопасными, как и традиционно употребляемый аналог, и не требуют никакой дополнительной оценки безопасности;

2 категория – новый вид пищевых продуктов эквивалентен традиционно употребляемому аналогу, за исключением четко определенных различий, на которых сосредоточена оценка безопасности;

3 категория – новый вид пищевых продуктов не может быть признан существенно эквивалентным либо из-за того, что невозможно определить различия, либо потому, что отсутствует подходящий аналог для сравнения. Требуется дополнительная оценка пищевой ценности и безопасности данного продукта.

Большинство пищевых продуктов, полученных с использованием генетически модифицированных организмов, относятся к категориям 1 или 2. Однако в будущем вполне вероятно получение генетически модифицированных культур и пищевых продуктов на их основе, которые не будут существенно эквивалентными, например, в случае целенаправленного обогащения продукта витаминами путем генетической модификации.

Информация, полученная при исследовании на эквивалентность, позволяет определить объем требований, необходимых для проверки продукта по показателям гигиенической безопасности, включая токсины, антинутриенты, аллергены, и пищевую ценность, а также сформулировать рекомендации по использованию данного продукта в пищевых рационах.

Несмотря на огромный потенциал генной инженерии, существует поляризация мнений о безопасности использования ГМИ и продукции на их основе. Здесь возникает проблема правового регулирования безопасности генно-инженерной деятельности в Республике Беларусь и в мировом масштабе [35].

В основу концепции государственного регулирования безопасности генно-инженерной деятельности в Беларуси положен накопленный мировой опыт, белорусское законодательство и сложившаяся в стране система государственного управления, ее обязательства по международным соглашениям.

Законодательство Беларуси не запрещает использование и оборот пищевого сырья и продуктов питания, произведенных из ГМО, но в соответствии с законами республики «О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека» и «О защите прав потребителей» покупатель имеет право на получение информации о продуктах питания, в том числе – о содержании в них ГМО или их компонентов. Постановлениями Главного государственного санитарного врача № 116 от 2.09.2003 г. и Совета Министров № 434 от 28.04.2005 г. установлена беспороговая система допустимых уровней ГМО-компонентов. Таким образом, в республике обозначаются все товары, в которых обнаруживается ГМО-примесь, причем узаконена тотальная проверка всех продуктов, содержащих сою и кукурузу. Кроме того, запрещено использование ГМО в детском питании и наложен запрет на реализацию немаркированной продукции, имеющей в составе ГМО.

В соответствии с требованием ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» изменился (с 01.07.2013 г.) подход к указанию сведений о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением ГМО. Для пищевой продукции, полученной с применением ГМО, в том числе не содержащей ДНК и белок, должна быть приведена информация «генетически модифицированная продукция», или «продукция, полученная из генно-модифицированных организмов». Пищевая продукция, при производстве которой изготовитель не использовал генно-модифицированные организмы, но содержащая при этом 0,9 % и менее ГМО в виде случайной или технически неустраняемой примеси, не относится к пищевой продукции, содержащей ГМО. При маркировке такой пищевой продукции сведения о наличии ГМО не указываются. В маркировке пищевой продукции сведения о наличии ГМО не указываются и в отношении использованных технических вспомогательных средств, изготовленных из (или с использованием) ГМО.

Круг проблем, связанных с контролем безопасности генно-модифицированных объектов, постоянно растет, так как появляются все новые объекты.

Например, ферментные препараты, предназначенные для использования в пищевой промышленности, относятся к группе вспомогательных веществ, используемых, как правило, на первом этапе технологической цепи переработки продовольственного сырья, остаточные количества которых в конечном продукте либо отсутствуют, либо определяются в незначительных количествах. В связи с развитием биотехнологии основную часть ферментных препаратов получают из микроорганизмов, которые целенаправленно и генетически модифицируют. Все это требует определенного уточнения существующей схемы оценки их безопасности. Очевидно, что замена того или иного гена влечет за собой необходимость определения патогенности данного штамма, а также возможность создания им антибиотика.

Немаловажное значение имеет изучение токсикогенности самого продуцента. Известно, что некоторые штаммы микроорганизмов, использующиеся в качестве доноров генов, могут продуцировать ряд микотоксинов: афлатоксинов, дезоксиниваленола, зеараленона и т. д. Поэтому ферментные препараты, получаемые из природных и (особенно) из генно-модифицированных объектов, так как они продуцируются клетками макроорганизмов, не должны содержать микотоксинов хотя бы в пределах уровня чувствительности метода их определения. Очевидно, гарантированное качество препарата будет обеспечено при отсутствии в нем живых клеток продуцента. Не менее важно оценить ферментный препарат по токсикологической безопасности с учетом его аллергенности.

В последние годы созданы ГММ для пищевой индустрии, влияние которых на продукт пока не изучено. Поэтому методы оценки их безопасности требуют усовершенствования. Они должны опираться на пристальное изучение риска неблагоприятного воздействия штаммов на нормальную микрофлору желудочно-кишечного тракта, наличие и способность к передаче генного материала, кодирующего антибиотикорезистентность, токсикогенность и пр.

Многочисленные исследования последних лет показывают, что производимые человеком наноматериалы могут быть токсичны для растений, животных и микроорганизмов [45]. Несмотря на то, что прямых свидетельств угрозы здоровью человека пока не выявлено, нарастает обеспокоенность ученых и общественности вопросами вероятности их попадания в пищу, а также безопасности пищевых добавок и пищевых продуктов, имеющих нанодисперсность. К этой теме примыкают вопросы оценки безопасности распространения

наноматериалов в окружающей среде – потенциальном источнике загрязнения растительного пищевого сырья, кормов и животных.

Проблемы нанобезопасности, включая безопасность пищевой продукции, были сформулированы и активно разрабатываются в качестве приоритетных рядом правительственных, межправительственных и общественных организаций.

Проблема безопасности пищевых продуктов весьма многогранна, поскольку на нее существенное влияние оказывают несколько факторов, включая используемое сырье, процесс производства, упаковку, условия хранения и транспортирования. Серьезное воздействие на здоровье человека могут оказать некоторые пищевые добавки, остаточные количества пестицидов. Настороженное отношение у потребителей и к генетически модифицированной продукции.

С учетом увеличения объемов оборота продовольственного сырья и пищевых продуктов, полученных из (или с использованием) генетически модифицированных организмов, возникает вопрос о необходимости проведения исследований продуктов питания на наличие ГМО.

Поскольку ни опасность, ни полная безопасность ГМО пока не доказаны, включение их в состав тех или иных продуктов не запрещено. Согласно совместному постановлению Министерства здравоохранения и Госстандарта Республики Беларусь от 08.06.2005 г. № 12/26 утвержден перечень продовольственного сырья и пищевых продуктов, подлежащих контролю за наличием генетически модифицированных составляющих (компонентов).

К ним относятся:

- соя, соевые бобы, концентрат соевого белка, соевая мука, сухое соевое молоко и продукты, полученные из (или с использованием) сырья перечисленных продуктов;
- кукуруза замороженная и консервированная, кукурузные чипсы, попкорн, кукурузная мука;
- детское питание, полученное с использованием продуктов из сои и (или) кукурузы.

Наличие генетически модифицированных компонентов в продуктах детского питания не допускается, поэтому особое внимание уделяется детскому питанию.

Испытательные лаборатории Госстандарта Республики Беларусь уже к 2005 г. были аккредитованы на право проведения испытаний по количественному определению ГМИ в продуктах питания и продовольственном сырье. Самым распространенным и признан-



ным методом определения ГМИ является метод полимеразной цепной реакции. Для количественного определения ГМИ принят метод ПЦР в режиме реального времени. Широкое признание данного метода обусловлено усовершенствованной скоростью, высокой чувствительностью, точностью и сниженным риском контаминации.

В качестве наиболее предпочтительных в настоящее время рассматриваются методы определения трансгенной ДНК. Строение ДНК одинаково во всех клетках организма, поэтому любая часть растения может быть использована для идентификации ГМИ.

В литературе в данный момент практически отсутствуют экспериментальные данные по оценке безопасности для здоровья наноингредиентов, поступающих в организм с пищей. В обзорах токсичность наноингредиентов декларируется на основе соображений общеметодологического характера либо экстраполируется по результатам многочисленных работ, в которых токсичность наночастиц исследовали в модельных системах *in vitro* или при ингаляционном введении животным. Не отрицая важности этих данных, все же следует подчеркнуть необходимость исследования биологического, в том числе и токсического, действия ИНМ различного состава и структуры при пероральном способе их введения в организм.

Первостепенное значение имеет вопрос об оценке рисков, создаваемых наноматериалами в составе пищевых продуктов. Как известно, риск – это вероятность потенциальных вредных эффектов при воздействии на человека, животных или окружающую среду. Общепринятая система оценки рисков состоит из четырех стадий: 1) идентификация опасного фактора; 2) определение характера опасности; 3) оценка возможности воздействия (экспозиции); 4) характеристика риска. В отношении ИНМ данная схема часто оказывается неприменимой из-за недостаточного количества информации о наборе приоритетных нанообъектов (стадия 1), особенностях их токсического действия (стадия 2), величине экспозиции (стадии 3, 4). Ввиду этого в работе [2], посвященной использованию нанотехнологий в пищевых производствах и в сельском хозяйстве, предложен принципиально новый подход, обозначенный как «система восходящего надзора». Сущность предлагаемого подхода – в исходном анализе отдельных примеров применения нанотехнологий при производстве пищевых продуктов, что позволяет выявить актуальные области использования этих технологий. С помощью данного анализа можно будет предвидеть типы и особенности новых

нанотехнологических предложений, которые могут появиться в ближайшем будущем, масштабы их общественного использования и, как следствие, – объемы экспозиции, которым могут подвергнуться человек (персонал предприятий, потребители и население) и экосистемы. Другая важная проблема в области контроля пищевой продукции, содержащей ИНМ, – отсутствие универсальных методов идентификации наночастиц. Для качественной и количественной характеристики ИНМ в составе пищевой продукции и разработано определенное число аналитических методов, однако единой методики для определения одновременно всех видов ИНМ не имеется, поэтому необходимо использовать комплекс методик для качественно-количественного анализа [2].

Таким образом, проблема выявления, идентификации и контроля наноматериалов в составе пищевых продуктов далека от своего разрешения. При реализации реальных задач контроля в настоящее время преимущественно используется информация, поступающая непосредственно от производителей, которые применяют ИНМ при производстве своих продуктов. Данный подход требует соответствующей модификации существующей нормативной базы в отношении регистрации пищевой продукции и контроля ее оборота. В частности, контролирующие структуры должны получить право требовать от производителей не только доказательные данные по наличию наночастиц в пище, но и по применяемым в каждом конкретном случае аналитическим методам.

О поведении и судьбе ИНМ в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) данных мало. Предполагается, что наночастицы, поступающие в ЖКТ, могут подвергаться серии трансформаций: агломерации, агрегации, адсорбции, взаимодействию (связыванию) с другими компонентами пищи, ферментами желудочного сока, компонентами кишечной слизи и т. д. Существующие экспериментальные данные позволяют предположить, что процесс проникновения наночастиц через стенку кишки происходит в несколько стадий. Всасывание наночастиц зависит от их физико-химических свойств (размера, заряда поверхности, липофильности, наличия или отсутствия лигандов) и физиологии ЖКТ (нормальное или патологическое его состояние); при нормальном физиологическом состоянии парацеллюлярного транспорта ИНМ практически не наблюдается.

Таким образом, результаты немногочисленных исследований, посвященных всасыванию ИНМ после их перорального поступле-

ния в ЖКТ, свидетельствуют том, что стенка тонкой кишки не является непроницаемым препятствием для наночастиц и значительные их количества в отсутствие деградации под действием пищеварительных ферментов могут достигать системной циркуляции. К сожалению, объем полученной информации недостаточен, поскольку не все из приоритетных видов наноматериалов, в том числе присутствующих в пищевых продуктах, охарактеризованы.

Среди изученных препаратов – наночастицы металлов (цинка, меди, серебра), а также оксидов титана и цинка. Однако обращает на себя внимание тот факт, что в этих, по сути модельных, экспериментах использовались нефизиологичные дозировки большинства ИНМ. В реальной ситуации, связанной с использованием пищевых продуктов, возможный уровень этих ИНМ, поступающих с пищей (за счет миграции из контактных материалов и внешней контаминации), будет намного меньше. Кроме того, в указанных экспериментах преимущественно изучали острую токсичность наночастиц, как правило, после однократного введения в высокой дозе. Полностью отсутствуют работы, в которых бы изучалась хроническая токсичность наноматериалов при их длительном пероральном введении на протяжении всей жизни животного. Следует признать, что пока проблема выявления возможной токсичности ИНМ, поступающих с пищевыми продуктами, далека от разрешения.

Вопросы оценки безопасности искусственно создаваемых и вводимых или мигрирующих в пищу наночастиц серебра, селена, двуокиси титана чрезвычайно актуальны и нигде в мире практически не решены до настоящего времени, что вызывает серьезную озабоченность.

#### **4. ФОРМИРОВАНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ СИСТЕМЫ СБЫТА НАНОПРОДУКТОВ**

---

Факт реализации товара показывает, что он востребован потребителями и что его качества соответствуют ожиданиям.

Следует помнить, что есть объективные трудности, мешающие производству и обращению на рынке продукции наноиндустрии [40]:

- постоянно меняющееся действующее законодательство по обязательным требованиям к продукции (например, нормативные документы ТС и ЕврАзЭС);
- отсутствие системы нормативного правового обеспечения, регламентирующего создание и применение нанотехнологий, наноматериалов;
- недостаток знаний о влиянии наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду.

Манипулируя со сложными веществами пищевого сырья (белками, ферментами, углеводами и др.) с размерами до 100 нм, производитель привносит в технологический процесс элементы нанотехнологии, что особенно заметно в производстве гомогенизированного детского питания.

Успешной реализации полученной продукции предшествует грамотная политика в области ассортимента. Производители должны знать потребности своих потенциальных потребителей и полностью удовлетворять их, вовремя вводя в ассортимент необходимые продукты. Покупатель всегда должен найти то, что ему нужно. Это укрепит имидж производителя.

Если рассматривать белорусских производителей детского питания и их ассортимент, то выясняется, что на прилавках торговых точек не обнаружено следующей продукции отечественного производства (тогда как иностранные производители ее уже освоили):

– мясо-растительное детское питание с цветной капустой, кукурузой и брокколи;

- мясное или мясо-растительное детское питание из баранины;
- рыбо-растительное детское питание из камбалы и семги;
- детское питание на мясной и рыбной основе в виде фрикаделек;
- овощное, плодоовощное детское питание, содержащее чернослив, цуккини и шпинат;
- соки и нектары для детского питания, содержащие сок дыни, ежевики и абрикоса;
- сухие каши для детского питания, содержащие курагу, чернослив, клубнику, сливу и черную смородину.

На успех реализации произведенной продукции напрямую влияет эффективность управления каналами сбыта. Их эффективное функционирование определяет оптимизацию товародвижения. Оптимизации каналов сбыта белорусских предприятий-производителей детского питания будет способствовать создание разветвленной логистической системы, позволяющей всегда иметь на прилавках торговых точек максимальное ассортиментное разнообразие, и грамотный мерчендайзинг в торговых точках, направленный на увеличение объемов продаж. Создание оптимальной широкой товаропроводящей сети, в которой любой товар становится доступным потребителю в кратчайшие сроки, повысит конкурентоспособность продукции, сократит срок оборачиваемости активов предприятий-производителей, а значит, увеличит их прибыль.

Не менее важным для успешности реализации можно назвать тот факт, является ли реализуемый товар брендом. Предприятиям-производителям следует приложить максимум усилий, чтобы сделать свой товар брендом. Бренд, кроме товарного знака, включает сам товар, информацию о потребителе, преимущества товара, свой имидж. Это не просто качественный товар, а товар, выделяющийся яркими отличительными свойствами среди конкурентных марок. Кроме того, у бренда есть фирменный стиль, включающий в себя броский, яркий и запоминающийся логотип, удачный, оригинальный и выделяющийся слоган, правильно подобранное цветовое решение.

Для того чтобы создать мир бренда, стандартные каналы коммуникаций необходимо дополнять новыми сенсорными каналами (обоняние, тактильные ощущения). Исследования подтвердили, что до 70 % эмоций вызваны запахом, а не тем, что человек видит или слышит. Следовательно, необходимо использовать данный факт. Примером его использования является продажа кофе. Когда хотят повысить продажу кофе, на полку вместе с продаваемыми герметичными пачками ставят несколько проколотых пачек или пользуются освежителем

воздуха с запахом кофе. В результате в воздухе витает легкий кофейный аромат, что побуждает посетителей торговой точки купить пачку кофе. Данный опыт следует перенять и, например, для детского питания, чтобы привлечь к нему потребителей.

Понятие успешного бренда дополняется агрессивной маркетинговой политикой. Например, если рассматривать детское питание, то агрессивная маркетинговая политика может выглядеть следующим образом. Для родителей «детское питание – бренд» должно предлагать бонусы (например, скидки, дисконтные и накопительные карты, розыгрыши) и дополнительные возможности (например, заказ по интернету или телефону с доставкой на дом).

При реализации брендинга и агрессивного маркетинга следует помнить и о таких современных технологиях, как мобильная связь. К мобильному маркетингу относятся кастомизация телефона (логотип бренда, джингл из рекламного ролика), ad-gaming (игра с элементами Product Placement), информационно-справочные сервисы и SMS-рассылки (уведомляют потребителя о новых товарах, услугах, специальных ценах и акциях).

Еще одним слагаемым успешной реализации является сотрудничество с конкурентами. Конкуренция – важнейший фактор успешного функционирования экономики, побуждающий производителей непрерывно совершенствовать свой товар и дающий потребителям возможность наилучшим образом удовлетворить свои потребности. Однако смысл конкуренции состоит не в том, чтобы уничтожить соперника, и не в том, чтобы компании-соперники истощали свои силы в битвах за потребителя. Цель конкуренции – обеспечить эффективное развитие отрасли и оптимальное удовлетворение потребностей целевого рынка. Из этого неизбежно следует вывод о том, что у компаний-конкурентов есть не только частные, но и общие интересы.

Сотрудничество между компаниями, организованное в форме, не препятствующей конкуренции, позволит сэкономить ресурсы предприятий (которые в противном случае отвлекаются на чрезмерную конкуренцию) и улучшить качество обслуживания потребителя. Такое сотрудничество можно реализовать путем взаимодействия в тех направлениях, в которых интересы компаний совпадают (за исключением ценового сговора), при сохранении соперничества при достижении частных целей отдельных компаний [28].

Одним из таких направлений, в которых сотрудничество конкурентов целесообразно, является экспорт продукции. В любой от-

расли выход на иностранные рынки является важным шагом в развитии. Признание продукции не только в своем государстве показывает статус как самой продукции, так и производителя.

Если рассмотреть рынок белорусского консервированного детского питания, то выясняется, что отечественные производители самостоятельно прокладывают себе дорогу к иностранным потребителям, что, очевидно, требует больших затрат. Совместный же выход на иностранные рынки оптимизирует потраченные ресурсы. Кроме того, сотрудничество приведет к тому, что интересы каждой компании будут более защищенными на иностранных рынках. Продвижение белорусского детского питания к зарубежному потребителю также будет более эффективным, если производители совместно будут экспортировать свою продукцию.

Практика развития преуспевающих фирм и экономических систем показывает, что наиболее эффективной формой экономического роста является теория «кластерного механизма». В ее основе находится понятие «кластер» – сосредоточение наиболее эффективных и взаимосвязанных видов экономической деятельности. Для всей экономики государства кластеры играют роль точек роста внутреннего рынка и базы. Высокая конкурентоспособность страны держится именно на сильных позициях отдельных кластеров, тогда как вне их даже самая развитая экономика может давать посредственные результаты [32].

Весьма необходимым для предприятий-производителей является применение кластерного подхода. Это значит, что необходимо применять организационно-экономические меры к созданию холдинга, возможно, вертикально интегрированного типа. Все стратегические вопросы изучения рынка, маркетинга, брендинга взяло бы на себя интеллектуальное ядро холдинга – обособленная структура, имеющая в своем штате специалистов для решения подобных вопросов. На основании выводов интеллектуального ядра холдинга будут ставиться задачи по выпуску того или иного продукта производственному ядру холдинга – заводам-производителям. Также в холдинг должны входить и сырьевые ядра – аграрные хозяйства, специализированные на выращивании определенной сельскохозяйственной культуры (или нескольких) или же на выращивании рыбы или животных. При этом специализация будет по принципу экономической обоснованности и целесообразности выращивания культуры (рыбы или животных) в местности расположения хозяйства. Например, Витебская область может подходить для выращивания КРС элитной

породы. При этом мясо будет высшего качества, экологически чистым и будет сравнимо с мраморным. Это значит, что в мясные и мясо-растительные консервы пойдет сырье высокого качества.

Кроме того, что указанный подход позволит повысить доверие со стороны потребителей к отечественной продукции, он будет способствовать рациональному использованию сельскохозяйственными предприятиями своих ресурсов. Также аграрное хозяйство будет уверено в востребованности выращиваемой продукции, а значит, в ее сбыте. Как следствие, будет гарантирована занятость населения, что является социально-значимым фактором.

Когда формируется кластер, все производства в нем начинают оказывать друг другу поддержку. Выгода распространяется по всем направлениям связей. Взаимосвязи внутри кластера, часто неожиданные, ведут к разработке новых путей в конкуренции и порождают совершенно новые возможности. Таким образом, наличие кластера позволяет национальной экономике поддерживать свое преимущество.

Очевидно, что национальная конкурентоспособность во многом зависит от уровня развития отдельных кластеров. Крупные компании и фирмы нуждаются в большом количестве приспособленного к их технологиям оборудования, материалов, что создает емкий рынок для небольших фирм. Кластер дает работу множеству мелких фирм – поставщиков простых комплектующих, сырья. Предприятия кластера заставляют поднять качество поставляемых им полуфабрикатов и тем самым вынуждают своих поставщиков также повысить конкурентоспособность.

Белорусские предприятия, производящие продукты для детского питания, уже предприняли определенные шаги в направлении внедрения кластерного подхода. Например, у производителей консервированного детского питания уже имеются сырьевые зоны, что благоприятно сказывается как на качестве их продукции (которое, безусловно, высокое и по достоинству оценено потребителями), так и на ее цене, которая является наименьшей по сравнению с импортным детским питанием. Данную тенденцию следует продолжать.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Нанотехнологии обещают человечеству создание принципиально новой материальной базы, большого количества пищи, энергии, доступных водных ресурсов, новых возможностей медицины.

Одна из основных проблем nanoиндустрии заключается в коммерциализации исследований и разработок. Коммерциализация – это введение продукта на полномасштабный рынок, что по определению предполагает работу с потребителями. Ориентация на спрос и рынок – один из значимых факторов успеха инновации. Для роста эффективности усилий по формированию nanoиндустрии в Республике Беларусь важно использование маркетингового подхода к инновационной деятельности всех участников рынка нанопродуктов.

Формирование nanoиндустрии в Беларуси (насколько это формирование в условиях глобализации возможно в рамках отдельно взятой страны) рассматривается как процесс перехода республики к новому, шестому технологическому укладу.

В настоящее время можно уверенно утверждать, что примерно к 2015 г. осуществляемые и планируемые научно-технические разработки в области нанотехнологий приведут к весьма серьезным качественным и количественным изменениям в промышленном производстве. При этом произойдут крупномасштабные и структурные изменения во многих традиционных производствах, а также возникнут и разовьются совершенно новые отрасли промышленности, связанные с новыми научно-техническими приложениями. Развитие нанотехнологий будет определяться, по-видимому, следующими основными особенностями.

- К 2015 г. уже будут функционировать коммерческие производства и целые заводы, производящие материалы и устройства на основе нанотехнологий, то есть в этих производствах размеры объектов и процессов будут контролироваться с точностью до нанометров (по крайней мере, в одном из измерений).

- Использование нанотехнологий в перерабатывающей промышленности позволит создать новый ассортимент продуктов

питания с максимальным сохранением эссенциальных, биологически ценных веществ исходного сырья, способствующих оздоровлению организма человека.

- Будет происходить дальнейшая интеграция наук и технологий, что создаст широкие возможности для внедрения нанотехнологий и их слияния с традиционными методами биологии, переработки сельскохозяйственного сырья и т. п. При разработке новых материалов, приборов, продуктов питания исследователи будут уделять основное внимание увеличению сроков годности и обеспечению их безопасности для потребителя.

- В этот период будут получены новые экспериментальные и теоретические данные о свойствах атомно-молекулярных систем, что значительно расширит наши знания о строении вещества на нанометрическом уровне. Образование, по-видимому, будет характеризоваться дальнейшим сближением процессов обучения с непосредственным научным поиском, что может привести к существенному повышению качества и уровня получаемых знаний.

- Значительно активизируется деятельность различных коммерческих и промышленных организаций, связанных с нанотехнологиями. По мере развития новых технологий, то есть появления новых материалов и продуктов, все чаще будет возникать проблема их совместимости с существующими приборами и устройствами, а также объединения новых и традиционных технологий в рамках единых производственных процессов, что, кстати, может создать сложные технические проблемы.

Исходя из общих представлений и закономерностей, специалисты предполагают, что развитие нанотехнологий будет происходить через перекрывающиеся стадии, характеризующиеся все большим усложнением и развитием средств контроля над веществами и процессами в наномасштабе. Наиболее вероятным представляется появление четырех «поколений» нанотехнологических материалов и продуктов, перечисляемых ниже. Начало каждого этапа может быть отнесено к появлению первых коммерческих прототипов, производство которых связано с определенным уровнем развития нанотехнологий [38–40].

*Первое поколение* наноматериалов и устройств фактически уже существует. Коммерческие нанотовары, появившиеся в 2001 г., представляют собой так называемые пассивные структуры, синтезированные для обеспечения заранее заданных макроскопических характеристик или функций создаваемых из них объектов. К этому

поколению могут быть отнесены нанопокрyтия, дисперсии наночастиц и некоторые объемные материалы (например, наноструктурированные металлы, полимеры и керамические изделия).

Значительно сложнее выглядят нанообъекты *второго поколения*, представляющие собой активные структуры, способные реагировать на внешние воздействия (механические, электронные, магнитные, фотонные, биологические и т. п.) и объединенные с другими микроскопическими устройствами и системами. Такие наноизделия и наноматериалы только недавно стали производиться коммерчески, в некоторых случаях сменяя товары первого поколения. К ним можно отнести лекарства и химические препараты остронаправленного действия, наноупаковки для пищевых продуктов и т. д. [40, 41].

Через несколько лет можно ожидать появления коммерческих нанопродуктов следующего, *третьего поколения*, для которых будет характерно использование трехмерных структур, синтезируемых различными методами, включая биологические методы иерархической самоорганизации, при которой структуры напоминают развивающихся микророботов, обладающих собственным и меняющимся поведением. Технически такой синтез представляет собой очень сложную задачу, включающую не только операции по сборке молекулярных соединений, но и создание иерархических структур по неясным пока принципам. В настоящее время исследования в этом направлении сосредоточены на построении гетерогенных наноструктур и супермолекулярных систем, в поведении которых можно уловить некоторые принципы эволюционного развития. Можно также предсказать дальнейшее развитие микротехники, то есть производство (например, на основе самоорганизующихся систем) нанометрических механоэлектрических устройств, а также продуктов и материалов неизвестных сейчас типов, которые неизбежно возникнут в результате интеграции и слияния технологий. Некоторые из этих материалов и устройств будут производиться многостадийными перспективными технологиями, что подразумевает использование различных методик на разных уровнях иерархического производства.

Еще через 5–10 лет следует ожидать первого появления продуктов гораздо более развитого, *четвертого поколения*, которые, скорее всего, будут представлять гетерогенные молекулярные наноструктуры. В устройствах этого типа каждая сложная молекула является специализированной наноструктурой с особым строением и высокой функциональностью. Строго говоря, молекулярные

структуры четвертого поколения можно назвать молекулярными устройствами, поскольку в эти молекулы еще при «конструировании» и синтезе будут закладываться сложнейшие функциональные возможности. На этом этапе развития новых технологий речь пойдет уже об атомарно-молекулярной инженерии, основанной на пока неизвестных закономерностях самоорганизации вещества. Изучение и использование этих закономерностей позволит осуществлять почти фантастические технологические проекты: «проектирование» макромолекул с заданными свойствами; создание наноразмерных механических устройств; направленная и многоуровневая самоорганизация атомарных структур с квантово-механическим контролем процессов сборки; создание наноустройств для контроля качества и безопасности продуктов питания и т. п. Перспективы развития в этих направлениях во многом связаны с тем, насколько успешно и быстро будет происходить почти неизбежная конвергенция (объединение или слияние) нанонаук и нанотехнологий. Такое объединение может способствовать более глубокому пониманию законов природы и возможностей их использования.

Мировой объем продаж нанопродуктов в пищевом секторе возрастает. Начало этого процесса было положено в 2000 г., когда американская компания Kraft Foods основала первую нанотехнологическую лабораторию и консорциум Nanotek, охватывающий 15 университетов разных стран и национальные исследовательские лаборатории. Среди стран, на потребительском рынке которых имеются продукты с маркировкой «нано», лидируют США (126 наименований), далее следует продукция компаний Азиатского региона (42) и Европы, продукция всех остальных стран представлена только семью наименованиями.

При этом лишь в нескольких странах, например, в США, Великобритании, Японии и Китае, существуют законодательные документы, позволяющие в некоторой степени регулировать и регламентировать пищевые нанотехнологии. В США – это документы Toxic Substances Control Act, Occupational Safety and Health Act, Food Drug and Cosmetic Act и основные законы по охране окружающей среды. На международном уровне созданием таких актов должна заниматься комиссия Codex Alimentarius.

Официальная сертификация нанопродуктов на государственном уровне была впервые введена на Тайване: здесь в 2005 г. был разработан сертификат Nano Mark. Продукция, имеющая такую марку, должна соответствовать, по меньшей мере, двум требованиям:

1) один из размеров частиц основного продукта или содержащейся в нем добавки должен быть в пределах от 1 до 100 нм;

2) нанопродукт должен обладать принципиально новыми потребительскими свойствами или улучшенными характеристиками.

Рынок нанотехнологической продукции формируется и в России, но в основном это производство нефтепродуктов, произведенных с использованием нанокатализаторов, а не продукты высокотехнологических отраслей. Нормообеспечение нанопродукции выполняется с помощью ТК 441 «Нанотехнологии», который идентичен ИСО/ТК 229/46/.

На рынке пищевой продукции можно найти различную маркировку, например, «нанопища» или «пища ультратонкого помола». И нет подтверждения, действительно ли эти продукты соответствуют категории «нано» [15, 42].

Для обеспечения успешного сбыта нанопродукции АПК предприятиям-производителям необходимо научиться эффективно управлять каналами сбыта, сделать товар брендом, выстраивать эффективные рыночные коммуникации.

Необходимо разработать систему норм и правил, всесторонне регламентирующих создание пищевых нанопродуктов. Система должна включать четкие термины и определения, стандарты, аналитические методики, оценку безопасности и регламентацию процедуры внесения индекса «нано» на товарные этикетки.

Нанотехнологии рассматриваются обычно в качестве следующего этапа развития науки и техники, вследствие чего при их обсуждении речь идет чаще всего о повышении качества, надежности и возможности новых изделий. Однако нельзя не отметить, что некоторые особенности нанотехнологий делают их опасными для здоровья человека и состояния окружающей среды. Опасности связаны с тем, что очень часто химические, электрические и механические свойства наночастиц существенно отличаются от свойств тех веществ в объемном состоянии. Из этого следует, что перед внедрением наноматериалов в массовое производство необходимо, прежде всего, разработать методики тщательного описания и оценки их характеристик (например, задать допустимые распределения частиц по размерам). Кроме того, должна быть исследована потенциальная опасность возможного применения любых конкретных наноматериалов, как это делается обычно, например, при использовании биоматериалов разного типа.

Разумеется, невозможно подвергнуть интенсивному исследованию все возможные типы наноматериалов, поэтому должна быть

разработана новая методика, позволяющая выделять характерные вещества, соответствующие классам возможных материалов. Для оценки опасности применения наноматериалов может использоваться уже известная схема по управлению рисками, включающая в себя четыре этапа: идентификация опасности, описание опасности, точная оценка опасности и управление рисками в данной ситуации.

Проблема опасности внедрения любых новых технологий осложняется тем, что их реальные последствия выявляются лишь после завершения всего жизненного цикла производства, то есть после этапов научно-исследовательских и конструкторских работ, коммерциализации результатов и длительной эксплуатации продуктов, а также их обслуживания, хранения и утилизации. Очень часто опасности и риски отдельных этапов проявляются со значительным запаздыванием, что снижает достоверность оценки.

Таким образом, применение нанотехнологий в перерабатывающей промышленности в мировой практике расширяется. Однако имеется ряд проблемных вопросов в части обеспечения безопасности пищевых продуктов и нанопакетов, в разработке нормативно-правовых актов, формировании лабораторной базы и углубленных научных исследований по конкретно выбранному направлению. Эти проблемы и предстоит решать специалистам агропромышленного комплекса уже в ближайшие годы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Маслов, Д. А. Удовлетворение потребителей по-японски / Д. А. Маслов, Э. А. Белокоровин // Методы менеджмента качества. – 2005. – № 2. – С.18–22.
2. Верников, В. М. Нанотехнологии в пищевых производствах: перспективы и проблемы / В. М. Верников, Е. А. Арианова, И. В. Гмошинский [и др.] // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78. – № 2. – С. 4–15.
3. Каталог экспонатов выставки инновационных разработок инвестиционных проектов «Биотехнологии в различных отраслях народного хозяйства». – Минск : ГКНТ, 2012. – 81 с.
4. Анищик, В. М. Наноматериалы и нанотехнологии / В. М. Анищик [и др.] ; под ред. В. Е. Борисенко, Н. К. Толочко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2008. – 375 с.
5. Кравченко, А. В. Нанотехнология – новая реальность / А. В. Кравченко, Н. В. Зарянова // Пищевая промышленность. – 2010. – № 9. – С. 42.
6. Стрельникова, Л. Нанопища уже рядом // Химия и жизнь. – 2009, № 11. – С. 16–20.
7. Федоренко, В. Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе / В. Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2008. – 138 с.
8. Научные разработки по использованию нанотехнологий в АПК. – М. : Росинформагротех, 2008. – 151 с.
9. Федоренко, В. Ф. Инженерные нанотехнологии в АПК / В. Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2009. – 130 с.
10. Жданок, С. А. Нанотехнологии в агропромышленном комплексе / С. А. Жданок, Н. А. Ильина, Н. К. Толочко. – Минск : БГАТУ, 2012. – 172 с.
11. Викторов, А. Г. Невыдуманные риски трансгенных растений / А. Г. Викторов // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 6. – С. 8–12.
12. Ермакова, И. В. ГМО опасны и экономически невыгодны / И. В. Ермакова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 3. – С. 39.

13. Дубинин А. В. Пробиотики или пребиотики: стратегия выбора / А. В. Дубинин // Пищевая промышленность. – 2010. – № 7. – С. 35.
14. Поверин, А. Д. Полиненасыщенные жиры – важнейший компонент продуктов функционального питания / А. Д. Поверин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 7. – С. 35–38.
15. Тутельян, В. А. Функциональные жировые продукты в структуре питания / В. А. Тутельян // Масложировая промышленность. – 2009. – № 6. – С. 6–9.
16. Лисовская, Д. П. Нанотехнологии в пищевой промышленности / Д. П. Лисовская, С. Ч. Гончарук, Е. В. Рощина, В. В. Литвяк // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. – № 4. – С. 42–48.
17. Жаринов, А. И. Разработка рецептуры хромсодержащего мясного продукта для диабетиков / А. И. Жаринов, М. Ю. Попова, М. А. Никитина // Мясная индустрия. – 2011, июль. – С. 25–28.
18. Хаарман, М. Предотвращение масляной ферментации в сырах / М. Хаарман // Современное состояние и перспективы развития сыроделия : материалы Междунар. конференции (13–14 сентября 2007 г., Польша, Ст. Яблонки). – С. 97–104.
19. Давыдова, Е. А. Способы предотвращения маслянокислого брожения в сырах / Е. А. Давыдова, Т. А. Заблочкая // Агропанорама. – 2011. – № 2. – С. 35.
20. Смыков, И. Т. Нанотехнологии и нанопроцессы в производстве пищевых продуктов / И. Т. Смыков // Нанотехника: инженерный журнал. – 2008. – № 4. – С. 68–74.
21. Просеков, А. Ю. Молочный белок как наночастица с заданными свойствами / А. Ю. Просеков, С. Ю. Глебова, И. Г. Разумникова // Молочная промышленность. – 2008. – № 4. – С. 71.
22. Пул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера. – 2005. – 160 с.
23. Бодров, Ю. В. Формирование планарных наноструктур на основе белков и исследование их электрофизических свойств / Ю. В. Бодров, Г. У. Островидова // Материалы 4-й Междунар. конференции «Химия высокоорганизованных веществ и научные основы нанотехнологии» (15–16 октября 2004 г., Санкт-Петербург). – СПб. : Академия, 2004. – С. 15–18.
24. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 180 с.
25. Фокин, М. Л. Нанотехнологии в пастеризации молочных продуктов / М. Л. Фокин. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 180 с.



26. Минченко, Н. В. Правовое регулирование безопасности генно-инженерной деятельности в Республике Беларусь. Семинары / Н. В. Минченко. – Минск : Право и экономика, 2011. – 160 с.
27. Попов, К. И. О безопасности пищевых нанотехнологий / К. И. Попов, О. В. Красноярова // Пищевая промышленность. – 2010. – № 11. – С. 14, 15.
28. Котляров, И. Сотрудничество с конкурентами – путь к рыночному успеху / И. Котляров // Маркетинг. – 2011. – № 3. – С. 92–98.
29. Красноярова, О. В. Вопросы оценки безопасности и анализа содержания инженерных наночастиц в пище / О. В. Красноярова, К. И. Попов, Л. А. Каплин, Д. А. Еделев // Пищевая промышленность. – 2010. – № 11. – С. 16–18.
30. Подкопаев, Д. О. Использование атомно-силовой микроскопии для обнаружения наночастиц в продуктах питания / Д. О. Подкопаев // Пищевая промышленность. – 2010. – № 11. – С. 19–21.
31. Попов, К. И. Методические аспекты анализа наночастиц серебра в молоке методом просвечивающей электронной микроскопии / К. И. Попов, Н. Н. Котова, Н. В. Остащенко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2010. – № 9. – С. 36–38.
32. Давыдов, В. А. Теоретические основы управления конкурентоспособностью предприятий в условиях глобализации мировой экономики / В. А. Давыдов, С. А. Пелих, Ф.Ф. Иванов [и др.]. – М. : Спектр. – 2011. – 392 с.
33. Распопов, Р. В. Биодоступность наночастиц оксида цинка. Изучение методом радиоактивных индикаторов / Р. В. Распопов, Ю. П. Бузулуков, Н. С. Марченков [и др.] // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79. – № 6. – С. 14–18.
34. Мэйли, Х. Значение перспективных нанотехнологий для пищевых продуктов и их упаковки / Х. Мэйли // Технологии переработки и упаковки. – 2006. – № 1. – С. 26.
35. Smart-упаковка: красивая и «умная» // Кумпячок. – 2011. – № 1. – С. 32.
36. Невзорова, В. В. Проблемы оценки безопасности наноматериалов, применяемых в упаковке пищевых продуктов / В. В. Невзорова, И. В. Гмошинский, С. А. Хотимченко // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78. – № 4. – С. 54–59.
37. Применение новых технологий в борьбе с мошенничеством // Пищевая промышленность. – 2006. – № 3. – С. 27.
38. Распопов, Р. В. Характеристика эффективности использования наночастиц оксида цинка в питании / Р. В. Распопов, Э. Н. Трушина, О. К. Мустафина [и др.] // Вопросы питания. – 2011. – Т. 80. – № 5. – С. 39–44.
39. Алешина, И. В. Маркетинг наноинноваций: проблемы и возможности / И. В. Алешина // Маркетинг. – 2010. – № 6. – С. 27–37.
40. Баранчева, В. П. Инновационный менеджмент / В. П. Баранчева, В. Н. Гунин, С. Ю. Ляпина [и др.]. – М. : Фантатформ, 2000. – 127 с.
41. Азоев, Г. Л. Маркетинговый анализ рынков нанопродуктов. Результаты аналитического проекта / Г. Л. Азоев // Маркетинг. – 2009. – № 5. – С. 23.
42. Свиноаренко, А. Г. Работать на опережение / А. Г. Свиноаренко // Стандарты и качество. – 2012. – С. 42–46.
43. Суркова, С. Существует ли российская наноиндустрия? / С. Суркова // Стандарты и качество. – 2012. – № 12. – С. 47–49.
44. Gatti, A., Monari, E. et al. // J.Mater Sci. Mater Med. – 2004. – Vol. 15. – № 4. – P. 469–472.
45. Carrero-Sanchez, J. Elias, A., Mancilla et al. // Nano Lett 2006. – Vol 6. – № 8. – P. 1609–1616.
46. Avella, M., Vlieger, J.J., Errico, M.E. et al. // Food Chemistry. – 2005. – Vol. 93. – № 3. – P. 467–474.

*Для заметок*

Научное издание

**Казаровец** Николай Владимирович, **Шило** Иван Николаевич,  
**Прищепов** Михаил Александрович и др.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
НАНОТЕХНОЛОГИЙ  
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Ответственный за выпуск *М. А. Прищепов*  
Редактор *Т. В. Каркоцкая*  
Компьютерная верстка *А. И. Третьяковой*  
Дизайн и оформление обложки *И. А. Усенко*

Подписано в печать 03.06.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 6,74. Уч.-изд. л. 5,27. Тираж 100 экз. Заказ 415.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.