

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПИЩЕВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Н.В. Казаровец, докт. с.-х. наук, профессор, чл-корр. НАН Беларуси (Председатель Постоянной комиссии Совета Республики Национального собрания Респ. Беларусь по образованию, науке, культуре и социальному развитию); М.А. Прищепов, докт. техн. наук, доцент, проректор по научн. работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ; Л.А. Расолько, канд. биол. наук, доцент, Е.С. Пашкова, аспирантка (БГАТУ)

Аннотация

Раскрываются перспективы и направления использования нанотехнологий в перерабатывающей промышленности. Дан анализ опыта использования нанотехнологий при изготовлении нанодобавок, наноупаковки и нанофильтрации, улучшающих и сохраняющих качество продуктов питания. Показано, что использование нанотехнологий в переработке пищевого сельскохозяйственного сырья способствует повышению пищевой и биологической ценности, усвояемости конечного продукта.

The article presents information on perspectives and areas of using nanotechnology in the processing industry. The authors analyzed the experience of using nanotechnology in the manufacture of nanoadditives, nano packaging and nanofiltration, enhance and preserve the quality of food.

It is shown that the use of nanotechnology in food processing of agricultural raw materials contributes to the food and biological value, digestibility of the final product.

Введение

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 (от греческого «нанос»), то есть карлик, означает миллиардную долю. Один нанометр (1 нм) – это одна миллиардная доля метра. Из-за малого размера частиц, входящих в состав искусственных наноматериалов (ИНМ), у них 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 [1]. По определению международной нанотехнологической директории, нанотехнологии –

это «разработка и применение устройств, структур и механизмов нанометрового масштаба» [2, 3].

Основными инструментами нанотехнологии для получения ценных продуктов питания являются наноразмерные объекты в диапазоне размеров 1-100 нм. Многие биологические материалы классифицируются как наночастицы. Бактерии размерами 1-10 мкм принадлежат к миру мезоскопических масштабов, вирусы размерами 10-100 нм относятся к верхней части диапазона наночастиц, а белки размерами до 50 нм – к низшему нанометровому диапазону. Строительные блоки белков – аминокислоты размером около 1 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 некоторых случаях – тысячи аминокислот. В результате изгибов и сворачивания полипептидные нанопептиды упаковываются в сравнительно небольшой объем, соответствующий полипептидной наночастице с типичным диаметром до 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.

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.

Анализ мировой практики свидетельствует, что измельчение продукта до наночастиц имеет огромный эффект.

В патентах (в основном США, Японии) описаны преимущества продуктов, изготовленных с помощью нанотехнологий за счет измельчения до наночастиц растений, традиционно употребляемых в пищу, например, зеленого чая, прополиса [4]. 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 заслуживает железо и селен. Железо способствует восстановлению уровня гемоглобина и традиционно вносится в пищевой продукт в виде солей двухвалентного железа. Однако соли двухвалентного железа химически несовместимы со многими витаминами, полиненасыщенными жирными кислотами, фенольными соединениями и это снижает биодоступность всех вышеозначенных компонентов. Использование нерастворимых и химически инертных наночастиц трехвалентного фосфата железа в составе продуктов с нейтральной средой повышает его биодоступность до 96 %.

Селен необходим для нормального функционирования щитовидной железы. Его дефицит способствует замедлению обмена веществ и развитию тяжелых форм патологии, таких как эпидемическая кардиомиопатия. 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. В то же время селен в форме наночастиц обладает низкой токсичностью. Инкапсулирование нульвалентного селена в заданных нормах СанПиН количествах и последующее внесение его в производимый продукт способствует повышению качества конечного пищевого продукта [5, 6].

Производство биологически активных добавок (БАД) 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 нанодисперсный водорастворимый коэнзим Q и наноструктурированный нутрицевтик креатин. Наноструктурированные водорастворимые формы фитостероидов позволяют вводить коэнзим Q и креатин в состав напитков и обогащать ими хлебобулочные изделия.

Известно, что хром (суточная потребность в нем составляет 0,20-0,25 мг) способствует стимуляции

выработки инсулина 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. Основной эффект 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.

Разработка функциональных продуктов, обогащенных наночастицами хрома, целесообразна и актуальна. Обогащая пищевые продукты наномикроэлементами в производственных условиях, необходимо осуществлять жесткий теххимический контроль над дозировками и условиями их введения. Специалисты в области пищевой технологии разработали рецептуру функционального мясного продукта с добавками, содержащими наночастицы хрома [6, 7].

К числу добавок, улучшающих пищу, относят также витамины, липиды, антиоксиданты, приправы, ферменты. В виде капсулированных 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.

Основная часть

Авторами публикации проведены исследования по изучению опыта использования, эффективности переработки пищевого сельскохозяйственного сырья в разных странах по следующим направлениям:

- изготовление нанодобавок, улучшающих пищу;
- нанофильтрация для улучшения качества продуктов;

– пищевая наноупаковка нового поколения для продления сроков хранения продукции.

В Республике Беларусь нанотехнологии достаточно широко применяются в молочной промышленности для создания продуктов функционального назначения [2]. Большую работу в этом направлении проводит РУП «Институт мясо-молочной промышленности» НАН Беларуси. Благодаря теоретическому обоснованию и научному сопровождению ученых ННЦ по продовольствию НАН Беларуси, на ряде белорусских предприятий имеется опыт использования современных технологий, проведена реконструкция предприятий.

Нанофильтрация наиболее широкое распространение получила в молочной промышленности [7]. 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, гельфильтрация, сорбция-десорбция).

Гиперфильтрация является физическим способом разделения растворов через полупроницаемую перегородку мембраны с определенным размером пор – от 1 до 1000 нм (0,001-1 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 три 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, где 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). Погранич-

ный слой удаляют промыванием 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 маслосырзавод» и ОАО «Березовский сыродельный комбинат».

По подпрограмме «Детское питание» Президентской программы «Дети Беларуси» на ОАО «Щучинский маслосырзавод» было закуплено и введено в действие технологическое оборудование для производства концентрата сывороточного белкового (КСБ). Это автоматизированное оборудование компании «Tetra Pak» позволяет получать концентрат сывороточный белковый с массовой долей белка не менее 80 %, который используется для производства продуктов детского 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 «Березовский сыродельный комбинат»).

КСБ является одним из компонентов в рецептуре нового ассортимента детского питания, но не только. 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 соответствует требованиям, установленным в санитарных нормах, правилах и гигиенических нормативах 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 таких городах, как Москва, Санкт-Петербург, Смоленск, Орел, Тверь, Новосибирск. Часть продукции оправляется в Украину, в закупках 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» закупает КСБ как рецептурный компонент для производства высококалорийного майонеза.

Дополнительный прирост продукции, полученной 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 – яркий пример этому.

Использование нанотехнологий в пищевой индустрии позволяет создавать разнообразные новые продукты улучшенного качества, аналогов которым не имеет современная пищевая промышленность.

Перспективно использование нанотехнологий в хлебопекарной промышленности. В настоящее время примерно 60 % муки производится из зерна невысокого качества, с повышенной обсемененностью спорowymi 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 предотвращения болезней хлеба несомненный интерес вызывает 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 введения 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 [8].

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

Нанотехнологии используются при разработке технологического оборудования для подготовки воды в технологических процессах получения бутилированной воды, продуктов питания, пива, безалкогольных напитков, ликероводочных изделий. Наночастицы с заданными свойствами, в частности белки, становятся все более востребованными в области биотехнологии, пищевой промышленности. Уже проведен ряд исследований, с помощью которых 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 [9].

Перечисленные препараты – только малая часть того, что можно получить из молока с помощью нанотехнологий. Нанотехнология позволит не только расширить этот ассортимент, но и понять свойства полученных объектов на молекулярном уровне, который все еще недостаточно изучен. Первостепенной задачей при получении материалов биологической природы остается сохранение исходных компонентов, питательной и терапевтической ценности, органолептических свойств продуктов с размером частиц наномасштаба.

Использование нанотехнологий в производстве упаковок для увеличения сроков годности пищевых продуктов – одна из лидирующих сфер. Сегодня зарегистрировано от 400 до 500 подобных материалов, а согласно прогнозам к 2015 году их доля в общем массиве упаковок составит не менее 25 %. Основным механизмом увеличения срока годности пищевых продуктов за счет использования нанотехнологий заключается в повышении барьерных функций упаковочного материала. При этом, как полагают, задействованы следующие механизмы: снижение микробной контаминации (за счет уменьшения размеров пор), а также воздействие УФ-излучения на продукт (за счет введения в упаковку наночастиц, поглощающих УФ-излучение, например, наночастиц диоксида титана).

Упаковочные материалы должны быть не только стабильными по эксплуатационным свойствам, но и легко уничтожаться после использования. В связи с трудностями утилизации отработанных упаковочных материалов из полимеров ведутся разработки по созданию наноструктурированных упаковочных материалов, в которых один компонент синтетический, а другой – природный. Последний, помимо надежных эксплуатационных свойств обеспечивает быструю биодеградацию 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 120-330°C, что исключало тепловую деструкцию наполнителя.

Заключение

Нанотехнологии обещают человечеству создание принципиально новой материальной базы, большого количества пищи, новых возможностей медицины. Развитие нанотехнологий способно обеспечить производство необходимыми ресурсами, при этом даже возможно снижение роли и значимости ресурсодобывающих стран.

Формирование наноиндустрии в Беларуси может рассматриваться как процесс перехода республики к новому, шестому технологическому укладу. Использование нанотехнологий в перерабатывающей промышленности позволит создать новый ассортимент продуктов питания с максимальным сохранением эссенциальных, биологически ценных веществ исходного сырья, способствующих оздоровлению организма человека.

Мировой объем продаж нанопродуктов в пищевом секторе возрастает. Среди стран, на потребительском рынке которых имеются продукты с маркировкой «нано», лидируют США (126 наименований), далее следует продукция компаний Азиатского региона и Европы (42 наименования). Нанопродукция всех остальных стран представлена только семью наименованиями. До сего времени не узаконена обязательная маркировка продуктов, выработанных с применением нанотехнологий, как

это делается для генетически модифицированных продуктов. Не существует стандартов, на которые следует ориентироваться. На рынке пищевой продукции можно найти различную маркировку, например, «нанопища» или «пища ультратонкого помола». И нет подтверждения, действительно ли эти продукты соответствуют категории «нано» [5].

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

Применение нанотехнологий в перерабатывающей промышленности в мировой практике расширяется. Однако имеется ряд проблемных вопросов в части обеспечения безопасности пищевых продуктов и наноупаковок, в разработке нормативно-правовых актов, формировании углубленных научных исследований при использовании нанотехнологий в производстве продуктов питания. Эти проблемы и предстоит решать специалистам агропромышленного комплекса уже в ближайшие годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нанотехнологии в пищевых производствах: перспективы и проблемы / В.М. Верников [и др.] // Вопросы питания, 2009. – Т. 79. – №2. – С. 4-15.

2. Биотехнологии в различных отраслях народного хозяйства: каталог экспонатов выставки инновационных разработок и инвестиционных проектов. – Минск: ГКНТ, 2012. – 81 с.

3. Кравченко, А.В. Нанотехнология – новая реальность / А.В. Кравченко, Н.В. Заряжкова // Пищевая промышленность, 2010. – № 9. – С. 42-43.

4. Стрельникова, Л. Нанопища уже рядом / Л. Стрельникова // Химия и жизнь, 2009. – №11. – С. 16-20.

5. Нанотехнологии в пищевой промышленности / Д.П. Лисовская // Пищевая промышленность: наука и технологии, 2011. – № 4. – С. 42-48.

6. Смыков, И.Т. Нанотехнологии и нанопроцессы в производствах пищевых продуктов / И.Т. Смыков // Нанотехника, 2008. – № 4. – С. 68-74.

7. Просеков, А.Ю. Молочный белок как наночастица с заданными свойствами / А.Ю. Просеков // Молочная промышленность, 2008. – № 4. – С. 71-72.

8. Бодров, Ю.В. Формирование планарных наноструктур на основе белков и исследование их электрофизических свойств: матер. 4 Междунар. конф. «Химия высокоорганизованных веществ и научные основы нанотехнологии»; под общ. ред. Ю.В. Бодрова. – СПб.: 2004. – С. 15-18. – М.: Росинформагротех, 2008. – 138 с.

9. Жданок, С.А. Нанотехнологии в агропромышленном комплексе / С.А. Жданок, Н.А. Ильина, Н.К. Толочко. – Мн: БГАТУ, 2012. – 172 с.

Навесной оборотный плуг ПНО-3-40/55



Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/50 предназначен для гладкой вспашки старопашотных не засоренных камнями почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа. Плуг агрегируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»).

Преимущества разработки:

- регулируемая ширина захвата;
- цена на 30-40% ниже зарубежных аналогов.

Производство плугов освоено на ДП «Миноитовский ремонтный завод».

Изготовлено 37 плугов.

В 2010 году на сельскохозяйственной выставке в г. Москве плуг удостоен золотой медали.

Основные технические данные

Тип.....	навесной
Тип корпуса.....	полувинтовой
Производительность за 1 ч сменного времени, га.....	0,65...1,14
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм.....	400/450/500/550
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч.....	7...9
Масса плуга конструкционная, кг.....	не более 1150
Конструкционная ширина захвата плуга, м.....	1,20/1,35/1,50/1,65