

# Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения

Д-р техн. наук, проф. Г. В. АЛЕКСЕЕВ, Е. Н. ХРУШКОВА

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Д-р техн. наук, проф. В. Н. КРАСИЛЬНИКОВ

ООО «ПРОТЕИН ПЛЮС»

199004, Санкт-Петербург, В. О., 5-я линия, 54

*Health of each person and nations in significant measure is defined by typical ration is drunk-thread. Under inferiority feeding are broken metabolism, functional ability to food, cardiovascular, nervous and the other systems. As is well known, important role in walkie-talkie feeding belongs to the animal a squirrel. For the last 10 years in ration russians is revealed defect squirrel, containing all irreplaceable amino acid. Available literary is given and own results, got author, are indicative of efficiency abusive technology at separation separate fraction emulsion under the most further use them in product production of the functional feeding.*

**Key words:** functional nutrition, lecithine, proliposomes, liposome loading, liposome transport, membrane technologies of suspension separation.

**Ключевые слова:** функциональное питание, лецитин, пролипосомы, загрузка липосом, липосомный транспорт, мембранные технологии разделения супензий.

Сохранение и укрепление здоровья населения является важнейшей задачей любого государства. Здоровье каждого человека и нации в целом в значительной мере определяется типичным рационом питания. Продукты питания, кроме снабжения организма человека энергией, необходимыми нутриентами, выполняют и другие функции, наиболее важная из которых — профилактика и лечение ряда заболеваний. Внедрение в производство лечебно-профилактических продуктов является одним из направлений гуманистической программы питания человека, принятой ООН.

Концепция функционального питания впервые была сформулирована в Японии в начале 80-х гг. прошлого столетия. Выделяют три условия, определяющие функциональную пищу:

- это пища, приготовленная из природных натуральных ингредиентов;
- данную пищу можно и нужно употреблять в составе ежедневного рациона;
- при употреблении такая пища выполняет определенные функции: регулирует определенные процессы в орга-

низме, например усиливает механизм биологической защиты, предупреждает возникновение определенного заболевания, контролирует физическое и душевное состояние, замедляет процесс старения.

В концепции предусмотрено создание технологической основы для производства качественно новых продуктов, не только удовлетворяющих физиологические потребности организма человека в пищевых веществах и энергии, но и выполняющих профилактические и лечебные функции, а также указаны меры по изменению структуры питания, созданию технологий качественно новых пищевых продуктов, соответствующих потребностям организма, увеличению доли продуктов массового потребления с высокой пищевой и биологической ценностью.

Современная нутрициология признает полноценной пищу, которая обеспечивает шесть функций организма: **энергетическую** — поддерживается за счет углеводов, жиров и в меньшей степени — белков;

**пластическую** — обусловливает построение и обновление клеток и тканей; поддерживается благодаря белкам,

в меньшей степени — минеральным веществам, жирам и углеводам;

**биорегуляторную** — сводится к участию в образовании ферментов и гормонов, поэтому для ее реализации необходимы белки и витамины;

**приспособительно-регуляторную** — способствует нормальной деятельности важнейших систем организма (питание, выделение, терморегуляция) и поддерживается за счет воды, пищевых волокон и других нутриентов;

**защитно-реабилитационную** — заключается в повышении устойчивости организма и обеспечивается за счет профилактических и лечебных свойств различных рационов питания;

**сигнально-мотивационную** — сводится к возбуждению аппетита при употреблении пряностей и прочих вкусовых веществ.

Пищевой рацион человека постоянно должен включать более 600 нутриентов. Примерно 95 % из них обладают лечебно-профилактическими свойствами. От их содержания и соотношения зависят диетические качества продуктов.

При неполноценном питании нарушаются обмен веществ, функциональная способность пищеварительной, сердечно-сосудистой, нервной и других систем. По мнению известного ученого-медика профессора Л. Ф. Чеботарева, питание является практически единственным средством, пролонгирующим видовую продолжительность жизни на 25–40 %.

В законе ЕС о пищевых продуктах дано следующее определение функционального питания. Функциональные пищевые продукты — это любой модифицированный пищевой продукт или пищевой ингредиент, который может оказывать благотворное влияние на здоровье человека, помимо влияния традиционных питательных веществ, которые он содержит.

Ученый Шюнеман Верена к функциональному питанию относит пищу, которая целенаправленно отвечает требованиям различных групп населения (дети, взрослые, пожилые люди, этнические группы). Гольдберг расширил понятие функционального питания и свел его к трем основным положениям: функциональное питание должно составлять часть ежедневного рациона, компоненты пищи должны быть натуральными (природного происхождения) и должны способствовать регулированию какой-либо функции организма.

В отечественной литературе термин «функциональное питание» стал использоваться только с 1993 г. В настоящее время разработано большое количество продуктов, которые в соответствии с ГОСТ 52349–2005 относятся к категории функциональных.

Современные продукты функционального питания должны не только как можно дольше храниться, но и быстро приготавливаться и усваиваться. Одновременно

они должны служить либо сохранению здоровья, либо его восстановлению. По мнению академика РАМН В. А. Тутельяна, здоровье современного человека в значительной степени определяется характером, уровнем и структурой питания, которые имеют ряд очень серьезных нарушений. Нарушение структуры питания — главный фактор, наносящий непоправимый, на несколько порядков более сильный, чем экологическая загрязненность, урон нашему здоровью. Именно по этой причине у 70 % населения России наблюдается дефицит витамина С, у 40 % — дефицит витамина А, почти у трети населения — витаминов В-комплекса, абсолютно у всех — минерала селена.

Как известно, важная роль в рациональном питании принадлежит животным белкам. За последние 10 лет в рационе россиян выявлен недостаток белка, содержащего все незаменимые аминокислоты.

Главным принципом создания функционального продукта питания нового вида является достижение максимально возможного уровня полноценности и гарантированной безопасности изделия.

При разработке и создании продуктов функционального назначения необходимо изучить химический состав сырья, пищевую ценность, специальные приемы технологической обработки.

Функциональное питание не только позволяет сохранить здоровье, но и в определенной мере заменяет лекарственные препараты. При помощи профилактического питания можно снизить количество заболеваний, связанных со старением, на 80 %; диабетом — на 50 %; сердца — на 25 %; органов зрения — на 20 %.

Наиболее подходящей основой для белковых продуктов с функциональными свойствами являются молочные продукты, в частности творог и творожные изделия. На основании этого разработаны технологии с использованием функциональных ингредиентов в производстве групп молочных продуктов, предназначенных для питания различных категорий населения: с нарушенным обменом веществ — низкокалорийных продуктов, обогащенных подсластителями; не переносящих лактулозу — безлактозных продуктов; с заболеваниями жеудочно-кишечного тракта — продуктов с лактулозой; с заболеваниями сердечно-сосудистой системы — продуктов, обогащенных природными антиоксидантами. Кроме того, в целях повышения сопротивляемости организма различным заболеваниям выпускаются продукты, обогащенные β-каротином и поливитаминными премиксами; для профилактики йододефицитных заболеваний — молочные продукты, обогащенные йодказеином; для поддержания костной структуры организма — продукты, обогащенные кальцием.

Созданием молочных продуктов лечебной и профилактической направленности широко занимаются отрасле-

ые институты Россельхозакадемии, специалисты учебных и отраслевых институтов, предприятий молочной отрасли.

Некоторые продукты питания при употреблении их в больших количествах могут влиять на многие жизненно важные функции организма и в совокупности с вредными привычками, наследственной предрасположенностью и экологическим неблагополучием способствовать возникновению определенных заболеваний. Причина этого — содержание в пищевых продуктах веществ, входящих в число факторов риска. Для сердечно-сосудистых заболеваний таким фактором риска является холестерин; для канцерогенных — нитрозамины и поликлинические углеводороды, содержащиеся в копченостях; для диабета — глюкоза; для инсульта — поваренная соль и насыщенные жирные кислоты и т. д.

Функциональное питание, или концепция функциональной пищи, включает разработку теоретических основ производства, реализации и потребления функциональных продуктов. В развитых странах сектор функциональных продуктов и напитков имеет первостепенное значение, так как это наиболее удобная, естественная форма внесения и обогащения организма человека микронутриентами: витаминами, минеральными веществами, микроэлементами и другими миорными компонентами, например полифенолами, источником которых служат фрукты, овощи, ягоды и т. д.

Мировой рынок функциональных продуктов интенсивно развивается, ежегодно увеличиваясь на 15–20 %. Предполагается, что к 2010 г. рынок превысит 30 % всех реализуемых продуктов питания. Демографические проблемы, стрессовые нагрузки, увеличение числа лиц с различными заболеваниями, ухудшение здоровья детей вызвали необходимость обратить более серьезное внимание на отечественные функциональные продукты питания.

Продукты функционального назначения на российском рынке представлены в настоящее время пока только четырьмя группами: продуктами на основе зерновых, безалкогольными напитками, молочными продуктами и продуктами масложировой отрасли. Критериями обогащения хлебобулочных изделий являются зерновой состав, добавление отрубей, семян подсолнечника, льна и сои. Различают также йодированный и витаминизированный хлеб. Среди кондитерских изделий выделяются продукты на натуральных сахарозаменителях, имеющие диабетический характер, а также продукты с витаминами и фруктовыми добавками.

Тенденции, сложившиеся в индустриально развитых странах, требуют существенного расширения разработок в области создания продуктов функционального назначения и организации их промышленного производства.

В последние годы большое внимание уделяется созданию и изучению так называемой «нанопищи». Ос-

новные пути использования нанотехнологий в пищевой промышленности сводятся, с одной стороны, к получению и использованию нанокомпонентов из сырья растительного и животного происхождения, с другой — к созданию и применению средств и методов, позволяющих работать сnanoобъектами. Реализация данных направлений позволит создать новые по качественному и количественному составу, а также назначению поликомпонентные функциональные продукты, предназначенные для коррекции гомеостаза различных групп населения (например, продукты для профилактики ряда заболеваний, связанных с неправильным питанием, гериатрические и геропротекторные продукты и т. д.) при условии гармонизации показателей их качества и безопасности. Перспективным является фундаментальное изучение возможности использования некоторых нутриентов, главным образом жирорастворимых витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ, в виде наночастиц или в комплексе с инертными носителями для обогащения продуктов массового потребления, а также создания специализированных продуктов для профилактики алиментарно-зависимых состояний у населения.

Таким образом, современными векторами развития технологических исследований в пищевой промышленности являются, во-первых, доказанное положение, что большинство «болезней цивилизации» (сердечно-сосудистые заболевания, некоторые виды злокачественных новообразований, диабет 2-го типа, заболевания суставов, отложение солей в почках и поджелудочной железе и др.) являются алиментарно- зависимыми, а во-вторых, смена парадигм в науке о питании. Согласно новым взглядам, принимают во внимание действие нутриентов на здоровье не только в зависимости от их количества (норма), но и от возможных взаимодействий с другими поступающими вместе с пищей веществами. В результате активно обсуждается влияние на здоровье миорных компонентов растительного и животного происхождения, которые чрезвычайно разнообразны по химическому составу и свойствам, а также биологической активности.

В настоящее время они рассматриваются как квазиэссенциальные факторы питания. В их число входят вещества, обусловливающие вкус и аромат продуктов; вещества, являющиеся носителями фармакологических и токсикологических свойств (предшественники мутагенных, тератогенных соединений); вещества, оказывающие существенное влияние на развитие микрофлоры кишечника.

Выделено 11 групп неалиментарных веществ, для которых экспериментально доказан их определенный фармакологический эффект: белки и пептиды, пищевые волокна, олигосахариды, полифункциональные спирты, фе-

нольные соединения, полиненасыщенные жирные кислоты, терпены и терпеноиды, гликозиды, витамины и др.

Отмеченные тенденции в науке о питании стимулировали технологические исследования в следующих направлениях:

— совершенствование технологических приемов обработки натуральных пищевых продуктов, сохраняющих нативные свойства эссенциальных и квазиэссенциальных факторов питания. В результате повышается эффективность использования биоактивных веществ в составе природных комплексов. Например, известно, что оздоровительный потенциал зерна ржи определяется некрахмальными полисахаридами и вторичными метаболитами, к которым относится группа фенольных соединений — резорциновых липидов. Они действуют как антиоксиданты в обмене арахидоновой кислоты. Доказана их антимутагенная и антибактериальная активность. Как следствие интереса к этим веществам, появились технологии выпечки булочных изделий из муки зерна стародавних сортов ржи с высоким содержанием 5-алкилрезорцинов;

— способы производства пищевых продуктов, в которых уровень конкретного БАВ, связанного с профилактикой или лечением определенного заболевания, технологически увеличивается или уменьшается;

— технологии производства нового социально значимого типа пищевых продуктов — нелекарственных оздоровительных средств-биокорректоров или биологически активных добавок к пище — нутрицевтиков, парофармацевтиков, пребиотиков;

— технологии производства пищевых продуктов заданного химического состава, которые относятся к объектам пищевой инженерии.

По результатам мониторинга последних лет наиболее значимым нарушением питания населения России является дефицит полиненасыщенных жирных кислот, витаминов (С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, фолиевой кислоты, ретинола, Е, бета-каротина), минеральных веществ (Са, Fe), микроэлементов (J, Se, F, Zn), пищевых волокон, а также полноценного белка. Как следствие, по данным НИИ питания АМН РФ, наиболее распространенными в стране алиментарно-зависимыми заболеваниями являются сердечно-сосудистые, ожирение, диабет, остеопороз, подагра и некоторые злокачественные новообразования. Поэтому коррекция недостаточности питания путем восполнения дефицита питания, введения в рацион недостающих макро- и микронутриентов за счет функциональных продуктов является актуальной задачей.

С учетом успехов в биохимии природных соединений, результатов исследований профилактического и терапевтического воздействий квазиэссенциальных факторов,

достижений в указанных направлениях пищевой технологии в начале 90-х гг. сложилась концепция функционального питания, в том числе продуктов функционального назначения.

Одним из наиболее обсуждаемых направлений в этом аспекте является синтез пищевых структур, в том числе пищевых наноструктур, на основе природных полимеров и самоорганизующихся наночастиц природного происхождения. К такого рода соединениям относятся полярные липиды, общим свойством которых является бифильность (амфи菲尔ность): наличие полярной «головки» и гидрофобных «хвостов». По строению гидрофобной части полярные липиды классифицируют на глицеролипиды и сфинголипиды, а по строению гидрофильных (полярных) групп — на фосфолипиды и гликолипиды.

Полярные липиды являются основными компонентами мембран — плазматических мембран и мембран внутриклеточных органелл. Основными структурообразующими компонентами мембран являются фосфолипиды.

Основные свойства фосфолипидов, связанные с их амфи菲尔ным характером:

— имеют тенденцию к образованию бислоев (или мицелл). Критическая концентрация мицеллообразования составляет  $10^{-3}$ – $10^{-5}$  М;

— в водных растворах формируют агрегаты различной структурной организации: ламеллярная (бислонная) фаза, гексагональная фаза, кубическая фаза, мицеллы. Образуемые структуры способны переходить друг в друга под воздействием внешних факторов: при изменении степени гидратации (лиотропный мезоморфизм), давления, ионной силы, pH, липидного состава, при включении белков;

— стабилизируют эмульсии и дисперсии. Эмульсионные свойства фосфолипидов характеризуются величиной их гидрофильно-липофильного баланса;

— могут обеспечивать эффективную гибкую систему доставки функциональных ингредиентов, увеличивая при этом их биоусвояемость и хемопревентивные эффекты.

Необходимо отметить также уникальные медико-биологические свойства фосфолипидов. Ранее говорилось, что фосфолипиды как сигнальные соединения участвуют в регулировании основных биологических процессов и в процессах, протекающих при болезнях, характеризуемых как метаболический синдром.

Фосфолипиды являются поставщиками полиненасыщенных жирных кислот для биосинтеза эйкозаноидов. Они используются в профилактике некоторых нейрологических заболеваний. Холин, содержащийся в фосфатидилхолине, является эссенциальным предшественником в синтезе ацетилхолина как нейротрансмиттера и выполняет функции донора метила. Свойство фосфолипидов

к самоинтеграции определяет их роль как биохимических строительных блоков для всех известных форм жизни. Рекомендуемое потребление фосфолипидов, рассчитанное с учетом энергетической ценности современных диет, составляет 6 г/день.

Отмеченные свойства фосфолипидов определяют их потенциал для улучшения и поддержания здоровья населения и совершенствования технологии пищевых производств.

Фосфолипиды широко используются в качестве эмульгаторов, регуляторов вязкости, антиоксидантов, антиадгезивов в производстве шоколада, глазурей, хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, в производстве колбас и сухого молока. Из-за своих положительных физиологических эффектов они применяются в качестве пищевых биологически активных добавок. Например, смеси соевых фосфолипидов рекомендованы для снижения содержания холестерина в крови и липопротеидов низкой плотности. Соевый фосфатидилхолин используется для детоксикации печени, а фосфатидилсерин — для улучшения когнитивных функций в пожилом возрасте. Фосфолипиды яйца, как правило, входят в состав продуктов для детского питания.

В настоящее время наиболее значимым сырьем для производства фосфолипидов является зерно масличных культур: сои, подсолнечника, рапса. Небольшое их количество извлекают из кукурузы, рисовых отрубей и овса, но они не играют заметной роли. Основной источник получения животных фосфолипидов — куриное яйцо. В то время как растительные фосфолипиды являются побочными продуктами при рафинировании растительных масел, животные фосфолипиды производятся по специальным технологиям, разработанным исключительно для получения фосфолипидных препаратов. Это одна из причин, по которой цены животных фосфолипидов значительно выше, чем их растительных производных. Натуральные фосфолипиды являются многокомпонентной смесью различных классов фосфолипидов и сопутствующих веществ.

В последнее время пищевая промышленность проявляет исключительный интерес к новым видам сырья и новым технологиям получения и использования фосфолипидов. Движущей силой является развитие производства продуктов функционального назначения. В этом случае фосфолипиды рассматриваются как класс веществ с синергетической функциональностью, а именно технологической и физиологической.

Перспективным направлением модификации свойств продуктов для придания им свойств функционального питания является насыщение продуктов необходимыми нутриентами с помощью «липосомного» транспорта.

Таким образом, одним из основных направлений современного этапа научных исследований в рассматриваемой области является разработка научно обоснованной концепции создания продуктов питания функционального назначения, обогащенных биологически активными веществами, внедренными вnanoструктуры пищевого сырья с помощью специально подготовленных фосфолипидов.

В качестве инертных носителей возможно использование липосом, которые представляют собой полые мембранные структуры, образованные амфи菲尔ными соединениями (например, фосфолипидами) и различающиеся размерами, формой, числом липидных бислоев и внутренним объемом.

Для практического достижения результатов на этом направлении исключительно важно решение следующих задач:

- разработка технологии производства липосом (метод пролипосом);
- разработка технологии загрузки липосом гидрофильными и липофильными биологически активными ингредиентами;
- создание экспериментального производства липосом как транспортных, так и протекторных структур для различных ингредиентов;
- разработка липосомальных технологий производства пищевой продукции функционального назначения.

Реализация большинства исследований при решении поставленных задач невозможна без выделения и идентификации отдельных фракций жиро содержащих эмульсий. Наиболее эффективными средствами для выполнения указанных операций являются методы, в которых используются мембранные и некоторые специальные процессы разделения [1], в том числе:

- ультрафильтрация;
- обратный осмос;
- электрофорез;
- диэлектрофорез;
- электромагнитофорез;
- ультразвукофорез.

Идентификацию отдельных фракций жиро содержащих эмульсий можно осуществлять при этом, например, с помощью исследований, включающих [2]:

- измерение электрохимического потенциала и заряда клеток;
- измерение электропроводности и диэлектрической проницаемости клеток;
- изучение электрофизических свойств клеток с помощью диэлектрофореза;
- электрооптические методы анализа электрофизических свойств супензий.

Кроме того, известно, что определенная биохимическая и биофизическая обработка может вызвать харак-

терное изменение электрофизической подвижности клеток разного вида, следовательно, такая обработка клеток вносит существенный вклад и в определение природы мембранных структур [3]. Таким образом, зависимость электрокинетических свойств клеток от pH среды может быть использована для обнаружения микрокапсул у клеток и контроля над процессом их декапсулирования.

Некоторые исследователи высказывают мнение [4] о том, что для исследования процессов транспортирования ионов через клеточные мембранные представляют интерес данные, полученные при измерении в диапазоне  $10^3$ – $3 \cdot 10^4$  Гц электрических характеристик искусственных фосфолипидных мембран в присутствии разобщителей окислительного фосфорилирования в зависимости от концентрации проникающих ионов.

Имеющиеся литературные данные и собственные результаты, полученные авторами, свидетельствуют об эффективности мембранных технологий при выделении отдельных фракций эмульсий при дальнейшем использовании их в производстве продуктов функционального питания.

### Список литературы

1. James A. M. Cell Electrophoresis, 1965.
2. Fisher D., Richmond D. // J. Gen. Microbiol. 1969. Vol. 57.
3. Гузев В. С., Голубев В. И., Звягинцев Д. Г. Обнаружение микрокапсул у микроорганизмов и контролирование полноты их декапсулирования методом микроэлектрофореза // Микробиология. 1972. Т. 41(1).
4. Лебедев А. В. // Биофизика. 1971. Т. 16.