

ESG-трансформация лекарственного и пряноароматического растительного сырья для технологии здоровьесбережения

И. А. Прохода¹, Е. И. Слезко¹, В. Е. Гапонова¹, Г. Н. Лахмоткина²

¹ Брянский государственный аграрный университет», с. Кокино, Россия

² Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, г. Брянск, Россия

Корреспонденция:

Слезко Елена Ивановна,
Брянский государственный аграрный университет,
243365, Россия, Брянская обл.,
с. Кокино, Советская, д. 2а, корп. 1
E-mail: eslezko@bk.ru

Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 20.05.2025

Поступила после рецензирования: 06.11.2025

Принята: 10.12.2025

Copyright: © 2026 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Разработана технология ESG-трансформации растительного сырья как альтернативного источника пищевых ингредиентов для обогащения продуктов и создания зелёной технологии здоровьесбережения. Изучено 10 видов пряноароматического сырья (эхинацея – цветки и корни, цикорий и аир – корни, шиповник – плоды, календула – цветки, кориандр – семена, мята, душица, тимьян – цветки, листья, стебли). Установлены режимы трансформации в криопорошки с использованием жидкого азота: дробление до 10–20 мм, криоизмельчение до 5–50 мкм при –20 °С, отепление, просеивание. Криопорошки содержат антиоксиданты, радиопротекторы, иммуномодуляторы (флавоноловые гликозиды, катехины, фенольные соединения, включая хлорогеновую кислоту, терпены, дубильные вещества). По сравнению с исходным сырьём они обогащены на 30–80 %, их качество при хранении стабильно.

Цель. Разработать технологию здоровьесбережения на основе ESG-трансформации лекарственного пряноароматического растительного сырья с использованием криогенного измельчения.

Материалы и методы. Изучено 10 видов лекарственного и пряноароматического растительного сырья (ЛПАРС): цветки и корни эхинацеи, корни цикория и аира, плоды шиповника, цветки календулы, семена кориандра, цветки, листья и стебли мяты, душицы, тимьяна. Сырьё выращено в Брянском регионе. ESG-трансформацию проводили криогенным измельчением высушенного сырья в вибрационно-шаровой мельнице с жидким азотом. Контролировали расход азота, температуру, размер частиц, влажность, содержание аскорбиновой кислоты, эфирных масел, фенольных соединений, каротина, клетчатки, сахаров, азота, аминокислот и пептидов. Содержание БАВ определяли по методикам. Образцы получены в Учебно-производственном комбинате Брянского ГАУ.

Результаты. Изучено содержание БАВ в десяти образцах ЛПАРС (эхинацея – цветки и корни, цикорий и аир – корни, шиповник – плоды, календула – цветки, кориандр – семена, мята, душица, чабрец – цветки, листья, стебли). Установлены режимы ESG-трансформации сырья в криопорошки (дробление 10–20 мм, криоизмельчение 5–50 мкм при –20 °С, отепление, просеивание). Криопорошки – поликомпонентные системы из смеси БАВ, пригодные для обогащения продуктов. Криогенное измельчение повышает биодоступность и усвояемость. Качество криопорошков при хранении практически не изменяется.

Выводы. Изучено содержание БАВ в десяти образцах ЛПАРС. Установлены режимы ESG-трансформации сырья в мелкодисперсные порошки с использованием жидкого азота: дробление до 10–20 мм, криоизмельчение до 5–50 мкм при –20 °С, отепление, просеивание. На основе полученных данных разработана технология криопорошков из лекарственного и пряноароматического сырья – основа технологии здоровьесбережения. Криопорошки из ЛПАРС обогащены на 30–80 % по сравнению с исходным сырьём.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ESG-трансформация; технология здоровьесбережения; криопорошки; лекарственное и пряноароматическое сырьё; мелкодисперсная порошкообразная добавка; биологически активные вещества; технологическая схема производства; криогенное измельчение; жидкий азот

Для цитирования: Прохода, И. А., Слезко, Е. И., Гапонова, В. Е. & Лахмоткина, Г.Н. (2026). ESG-трансформация лекарственного и пряноароматического растительного сырья для технологии здоровьесбережения. *Health, Food & Biotechnology*, 8(1), 16–26. <https://doi.org/10.36107/hfb.2026.i1.s276>



<https://doi.org/10.36107/hfb.2026.i1.s276>

ESG Transformation of Medicinal and Aromatic Plant Materials for Health-Preserving Technologies

Irina A. Prokhoda¹, Elena I. Slezko¹, Valentina E. Gaponova¹, Galina N. Lakhmotkina²

¹ Bryansk State Agrarian University, Kokino village, Russia

² Plekhanov Russian University of Economics, Bryansk, Russia

Correspondence:

Elena I. Slezko,

Bryansk State Agrarian University, 1, 2a, Sovetskaya St., Kokino, 243365, Russia

E-mail: eslezko@bk.ru

Declaration of competing interest: none declared.

Received: 20.05.2025

Received in revised form: 06.11.2025

Accepted: 10.12.2025

Copyright: © 2025 The Authors

ABSTRACT

Introduction. A technology for the ESG transformation of plant-based raw materials has been developed as an alternative source of food ingredients for product enrichment and the creation of a green health-preserving technology. Ten types of aromatic and spice raw materials were studied (echinacea flowers and roots, chicory and calamus roots, rose hips, calendula flowers, coriander seeds, mint, oregano, and thyme flowers, leaves, and stems). The following cryogenic transformation modes were established using liquid nitrogen: crushing to 10–20 mm, cryogenic grinding to 5–50 µm at –20°C, heating, and sifting. The cryogenic powders contain antioxidants, radioprotectors, and immunomodulators (flavonol glycosides, catechins, phenolic compounds, including chlorogenic acid, terpenes, and tannins). Compared to the original raw materials, they are enriched by 30–80%, and their quality is stable during storage.

Purpose. To develop a health-preserving technology based on the ESG transformation of medicinal aromatic plant materials using cryogenic grinding.

Materials and Methods. Ten types of medicinal aromatic plant materials (MAPs) were studied: echinacea flowers and roots, chicory and calamus roots, rose hips, calendula flowers, coriander seeds, and the flowers, leaves, and stems of mint, oregano, and thyme. The materials were grown in the Bryansk region. ESG transformation was performed by cryogenic grinding of dried materials in a vibratory ball mill with liquid nitrogen. Nitrogen consumption, temperature, particle size, moisture, and the content of ascorbic acid, essential oils, phenolic compounds, carotene, fiber, sugars, nitrogen, amino acids, and peptides were monitored. The content of biologically active substances was determined using methods. Samples were obtained at the Training and Production Facility of the Bryansk State Agrarian University.

Results. The biologically active substance content of ten LPARS samples was studied (echinacea flowers and roots, chicory and calamus roots, rose hips fruits, calendula flowers, coriander seeds, mint, oregano, and thyme flowers, leaves, and stems). The ESG transformation modes for the raw materials into cryopowders were determined (crushing 10–20 mm, cryogenic grinding 5–50 µm at –20°C, heating, and sifting). Cryopowders are multicomponent systems consisting of a mixture of biologically active substances suitable for food fortification. Cryogenic grinding increases bioavailability and digestibility. The quality of the cryopowders remains virtually unchanged during storage.

Conclusions. The biologically active substance content of ten LPARS samples was studied. ESG transformation modes for raw materials into fine powders using liquid nitrogen were established: crushing to 10–20 mm, cryogenic grinding to 5–50 µm at –20°C, heating, and sifting. Based on the obtained data, a technology for producing cryogenic powders from medicinal and aromatic raw materials was developed—the basis for a health-preserving technology. Cryogenic powders from LPARS are enriched by 30–80% compared to the original raw materials.

KEYWORDS

ESG transformation; health-preserving technology; cryopowders; medicinal and aromatic raw materials; fine-particle powder additive; biologically active substances; production process flow; cryogenic grinding; liquid nitrogen



To cite: Prokhoda, I. A., Slezko, E. I., Gaponova, V. E. & Lakhmotkina, G. N. (2025). ESG transformation of medicinal and aromatic plant materials for health-preserving technologies. *Health, Food & Biotechnology*, 8(1), 16–26. <https://doi.org/10.36107/hfb.2026.i1.s276>

ВВЕДЕНИЕ

Человек находится в постоянном поиске иммуномодулирующих и радиозащитных продуктов питания, которые бы соответствовали требованиям современности. Технология ESG-трансформации растительного сырья как альтернативного источника пищевых ингредиентов для направленного обогащения продуктов массового потребления и придания им иммуномодулирующих свойств является актуальной и своевременной.

Разработка и внедрение пищевых продуктов функциональной направленности с оптимизированной пищевой ценностью является важной задачей для укрепления здоровья населения за счет снижения распространенности алиментарно-зависимых заболеваний, что согласуется с СНТР Российской Федерации п. 21 г. (Всероссийский центр изучения общественного мнения, 2019)¹.

У населения планеты наблюдаются снижение иммунитета, нарушение перекисного окисления липидов биомембран клеток и другие патологические нарушения в организме, которые привели к пандемии во всем мире и огромному количеству летальных исходов за последние пять лет. Питанию здесь отводится огромная роль. Поэтому «зеленые» технологии здоровьесбережения в полной мере способны ответить на мировые вызовы.

Создание различных продуктов иммуномодулирующего и радиозащитного действия на основе лекарственного пряноароматического растительного сырья (ЛПАРС) в сочетании с витаминами с целью коррекции окислительных процессов и иммунитета человека является актуальной проблемой. Лекарственное и пряноароматическое сырье с его целебными свойствами находит все более широкое применение в пищевой промышленности. Наиболее популярными для производства пряноароматических добавок являются около 70 видов лекарственных растений (культивируемых и дикорастущих). Из общего количества заготавливаемого ЛПАРС в России (65 тысяч тонн в год) на долю дикорастущих растений приходится около 70 % (Кислицына, Быков, 2017). При этом государственных предприятий, ведущих заготовку дикорастущих лекарственных растений по линии Министерства здравоохранения, нет; прекращен прием лекарственного растительного сырья. В связи с этим изучение биологически активных веществ ЛПАРС в России набирает все большую актуальность на фоне растущего спроса на отечественное сырье с выраженными лечебными, антиоксидантными, иммуномодулирующими и другими свойствами.

ЛПАРС в данном случае рассматривается не как источник энергии и пластических веществ, а как носитель различных биологически активных веществ (БАВ), которые даже в небольшом количестве оказывают положительное воздействие на организм человека. К таким БАВ относятся: фенольные соединения с Р-витаминной и антиоксидантной активностью, терпеноиды, дубильные вещества, витамины, фитонциды, смолы, макро- и микроэлементы, аминокислоты и т. д. Одни классы БАВ (витамины, минеральные вещества, аминокислоты, белки, углеводы, жиры и т. п.) принимают участие в обмене веществ, другие (фенольные соединения, терпеноиды, смолы, фитонциды, гормоны и т. п.) — оказывают фармакологическое действие (Илларионова, Сыроватский, 2020).

ЛПАРС используют при лечении многих заболеваний, особенно хронических. Преимущество их перед синтетическими препаратами заключается в том, что они нетоксичны и не способствуют проявлению побочной реакции организма в результате их применения. Профилактическая и лечебная ценность растительного сырья обусловлена наличием в нем таких сочетаний БАВ, которые трудно создать искусственно.

ЛПАРС, используемое в качестве сырья для пищевой промышленности, должно удовлетворять следующим требованиям: быть доступным для заготовок, не содержать токсичных веществ, иметь приятные вкусовые и ароматические свойства. При изготовлении пищевых добавок из ЛПАРС используют преимущественно высушенные части растений (листья, стебли, цветы, почки, семена, плоды, траву, корни, корневища, кору, клубни, луковицы). Криопорошки из ЛПАРС изготавливают в форме экстрактов, настоев, порошков, паст, CO₂-экстрактов (Мусаев, Захарова, Морозова, 2013).

Большая работа по всестороннему изучению наиболее популярных и перспективных для производства лекарственных пряноароматических добавок из ЛПАРС проведена группой ученых Брянской области.

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* Moench.) относится к семейству астровых, сложноцветных (*Asteraceae*, *Compositae*). Произрастает на территории Российской Федерации.

Эхинацея содержит много различных физиологически активных веществ: эфирные масла (0,5... 1,3 %), основным компонентом которых являются сесквитерпен; смолы (до 0,1 %); бетаин (0,1 %); эхинокозид-гликозид (до 10 %), производное 3,4-диоксифенил-этилетанола,

¹ Всероссийский центр изучения общественного мнения (2019). Результаты исследования о рационе питания россиян и представлениях о правильном питании. <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=10047>

который в сахаристой части имеет две части глюкозы и одну часть рамнозы; эхинацин (амид полиненасыщенной кислоты); эхинолон (ненасыщенный спирт); н-триаконтанол; водорастворимые полисахариды.

Доказано, что водорастворимые фракции полисахаридов эхинацеи при воспалительных процессах являются сильными активаторами макрофагов, гранулоцитов и лимфоцитов, повышают защитные функции организма, то есть являются модуляторами иммунной системы. Существует мнение, что иммуностимулирующее действие экстрактов связано с активизацией иммунных систем β -клеток. Особенно эффективно эхинацея способствует фагоцитозу при бактериальных заболеваниях. Препараты из нее широко используются при респираторных заболеваниях, лимфаденитах, гангрене, почечных заболеваниях. Их применяют в отоларингологии, при ревматоидных заболеваниях, в дерматологии, а также при лейкопении, которая возникает под воздействием лучевой терапии.

Цикорий (*Cichorium intybus*) – травянистое многолетнее растение из семейства астровых, сложноцветных (*Asteraceae, Compositae*), культивируемое в России. Строение корнеплода цикория близко к строению моркови.

В среднем свежие корнеплоды содержат 25...27% сухих веществ (СВ). На долю углеводов приходится 75...80% водорастворимых СВ, причем 50–58% составляет инулин.

Пищевую ценность цикория определяет инулин – высокомолекулярный углевод, состоящий из фруктозы и небольшого количества глюкозы. В свежих корнях цикория содержится около 14,3...17% инулина, он легко подвергается расщеплению с образованием фруктозы и сахарозы.

Минеральные вещества представлены калием (270,3...605,7); натрием (318,0...442,4); кальцием (435,4...522,7); магнием (57,1...98,4); железом (4,5...9,4); медью (0,7...1,8); марганцем (0,7...1,4); цинком (1,6...1,8 мг в 100 г), а также свинцом, хлором и кремнием. Из органических кислот в цикории обнаружены: яблочная кислота (1,54...1,95); лимонная (0,8...1,1); винная (0,5...0,6); щавелевая (0,01...0,02) и хлорогеновая (1,2...1,3%).

Горький вкус цикория обусловлен содержанием глюкозидов: интибина (0,032...0,186% в пересчете на СВ), лактуцина, лактопикрина, тараксатола. В корнях обнаружены фенольные соединения и липиды, витамины группы В. В цикории содержится эфирное масло – цикореоль (около 0,1%), которое придает корням аромат кофе.

Цикорий обладает противоатеросклеротическим, кардиотоническим, противомикробным, желчегонным, ре-

паративным, десенсибилизирующим свойствами, а также способствует регуляции обмена веществ.

Сироп из цикория используется в кондитерском и консервном производстве. Напитки из цикория обладают антимикробным и вяжущим действием.

Аир обыкновенный (*Acorus calamus*) – многолетнее травянистое растение с ползучим корневищем. Это вид прибрежных, водных и болотных многолетних трав из монотипного семейства айрных (*Acoraceae*). Корневище аира содержит эфирное масло, крахмал, дубильные вещества, аскорбиновую кислоту. Корни аира содержат эфирные масла – 1,4...2,5%. Эфирное масло аира и его компонент 3-азарон обладают широким спектром фармакологического действия: успокаивают центральную нервную систему, оказывают антиаритмическое, противосудорожное и спазмолитическое действия, широко известны бактерицидные свойства аира.

Флавоноиды аира представлены в основном гликозидами люценина. Содержание флавоноидов в надземной массе аира – $3,25 \pm 1,97\%$ в пересчете на люценин.

Календула (*Calendula officinalis*) – травянистое однолетнее растение семейства астровых, сложноцветных (*Asteraceae, Compositae*). Цветки – одиночные корзинки, оранжево-красные или золотисто-желтые. Обычно используются цветочные корзинки. В них содержатся каротиноиды (каротин, ликопин, виолксантин, цитроксантин, рубиксантин, флавоксантин), флавоноиды, сапонины, фитонциды, органические кислоты, эфирные масла, слизи, белковые вещества, ферменты, гликозиды, смолы. Из органических кислот в календуле обнаружены яблочная, пентадециловая, салициловая и аскорбиновая.

Растение широко используется для лечения болезней внутренних органов, нервной системы, а также в дерматологии благодаря своим противовоспалительным и противомикробным свойствам. Кроме того, его применяют как желчегонное, антикоагулянтное, иммуномодулирующее средство. Экстрактивные вещества календулы в сочетании с никотиновой кислотой используют для симптоматического лечения онкологических заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Шиповник коричный (*Rosa cinnamomea*) – кустарник семейства розовых (*Rosaceae*). Кустарниковое многолетнее растение до 2 м высотой. Ветви сильноветвящиеся, красноватые, блестящие. Листья очередные, черешковые, цветки крупные, душистые. Плоды ярко-красные, сочные.

Плоды шиповника коричневого содержат от 2 до 18% аскорбиновой кислоты. Кроме того, он содержит ви-

тамины В₁, В₂, РР, К, провитамин А (каротин), сахар (до 10 %), органические кислоты (яблочную, лимонную, олеиновую, линолеовую, линоленовую), флавоноиды (кверцетин, кемпферол и др.), катехины, дубильные вещества (до 45 %), эфирное масло, соли железа, калия, марганца, фосфора, кальция. В семенах обнаружены токоферолы.

Масло семян шиповника содержит в своем составе токоферолы (170...20 мг/100 г), каротин (10 мг/100 г), жирные ненасыщенные кислоты.

Шиповник используется как витаминное средство и обладает противовоспалительным, желчегонным и повышающим обмен веществ действием. Высокое содержание аскорбиновой кислоты способствует окислительно-восстановительным процессам в организме, выведению холестерина, снижению ломкости сосудов. Комплекс витаминов С, Р, В₁, В₂, повышает устойчивость защитных сил организма к инфекционным заболеваниям. Содержание солей и витаминов положительно влияет на кроветворные органы человека.

Масло шиповника издавна славилось как хорошее ранозаживляющее средство, оно повышает сопротивляемость организма при облучении. Из шиповника готовят настои и отвары, сиропы и целебные чаи, джемы и варенье, пюре, кисели и компоты, соки, начинки для пирогов.

Кориандр посевной (*Coriandrum Sativum*) – однолетнее растение семейства зонтичных (Umbelliferae, или Apiaceae). Плоды кориандра содержат 0,2...1,6 % эфирного масла (из них 60...80 % линалоола и гераниола), 16...28 % жирного масла, незначительное количество алкалоидов, пектин, крахмал, 11...17 % белковых веществ, из стероидных соединений – преобладает кориандрол. В кориандре содержатся стерины, дубильные вещества, органические кислоты, аскорбиновая кислота.

Кориандровое семя используют как пряность для ароматизации и витаминизации колбас, сыра, хлебобулочных изделий, мясных и рыбных консервов, солений, маринадов, ликеров и т. д.

Мята перечная (*Mentha piperita*) – травянистое многолетнее растение семейства губоцветных (Labiatae), или яснотковых (Lamiaceae). Листья супротивные, по краю остропильчатые, с обеих сторон покрыты эфиромасличными железками. Надземная часть мяты перечной содержит эфирное масло до 3,5 %. В состав эфирного масла входит α-пинен, β-пинен, 1-лимонен, дипентен, α-фелландрен, цинеол, эфиры ментола уксусной и валериановой кислот. В листьях мяты помимо эфирного масла содержатся каротин, бетаин, гесперидин, урсоловая и олеиновая кислоты, флавоноиды, дубильные вещества и микроэлементы. Содержание хлорофилла

в мяте перечной составляет 1,7 %. В листьях мяты содержится 72 мг/100 г каротина, 38,7...130 мг/100 г токоферола, до 206 мг/100 г стеринов, до 5,3 мг/100 г витамина Д. Содержание флавононов – 2,4 %; дубильных веществ – 440 мг/100 г, холина – 1,1 мг/100 г; бетаина – 1,33 мг/100 г и 1,03 % фосфолипидов. Мята широко используется при лечении печени, ЖКТ, желчекаменной болезни, заболеваний дыхательных путей, гипертонии, неврозов. Она также применяется в стрессовых состояниях и при многих других заболеваниях.

Мяту используют для квашения огурцов, помидоров, капусты, а также в ликеро-водочной и безалкогольной промышленности.

Чабрец обыкновенный, или тимьян (*Thymus vulgaris*) – травянистое многолетнее растение семейства губоцветных (Labiatae). Оно имеет стелющийся по земле стебель с короткими цветоносными веточками и обладает сильным ароматом.

Тимьян ползучий содержит летучее эфирное масло (до 10 %), в состав которого входит тимол (до 30 %), карвакрол (до 20 %), борнеол, цингибиерен. Кроме того, обнаружены флавоноиды, дубильные вещества (до 7,0 %), горечи, камедь, урсоловая и олеаноловая кислоты, смолы, жирное масло, минеральные соли, тимуновая (сапониновая) кислота, кофейная, хлорогеновая, хинная и другие кислоты. Сумма фенольных соединений в чабреце составляет 3,75... 6,94 %, включая 5 веществ кумариновой природы и 4 флавоноидной.

Чабрец оказывает противовоспалительное, противомикробное, спазмолитическое, обволакивающее, секретолитическое, болеутоляющее, противосудорожное действие.

Душица обыкновенная (*Origanum vulgare*) – многолетнее травянистое растение семейства губоцветных (Labiatae), достигающих высоты 30...60 см. Листья супротивные, черешковые, продолговато-яйцевидные, сверху темно-зеленые, снизу светло-зеленые. Цветки мелкие, фиолетово-розовые, собраны в щитовидные метелки.

В состав душицы входит эфирное масло (0,15...0,50 % с содержанием фенолов в масле до 4 %), смолистые вещества (4,9 %), тритерпеновые кислоты (0,3 %), кумарины (0,7 %), полифенольные соединения (17,4 %). А также фенолоксилокси (3,8 %), розмариновая кислота (2,5 %), флавоноловые вещества (7,5 %), антоцианы (1,3 %). Кроме того, дубильные вещества, каротины, витамин С.

Растение широко используется с лечебными целями, так как обладает большим спектром свойств: противовоспалительным, противомикробным, спазмолитическим, бронхолитическим, болеутоляющим, желчегонным.

Трава душицы применяется для ароматизации вин и как пряность при консервировании и приготовлении различных блюд, напитков; она придает им своеобразный аромат и предохраняет от закисания (Тутельян, Лажнева, 2011).

В связи с этим задача настоящей работы заключалась в изучении биологически активных веществ из ЛПАРС (цветы и корни эхинацеи, корни цикория и айра, плоды шиповника, цветки календулы, семена кориандра, цветы, листья и стебли мяты, душицы, чабреца), разработке новой технологии производства пищевых добавок в форме криопорошков на основе ЛПАРС в сочетании с витаминами антиоксидантного ряда (С, Р-каротина).

Цель и задачи исследований – разработать технологию здоровьесбережения на основе ESG-трансформации лекарственного пряноароматического растительного сырья с использованием криогенного измельчения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе было изучено десять видов ЛПАРС (цветки и корни эхинацеи; корни цикория и айра; плоды шиповника; цветки календулы; семена кориандра; цветки, листья и стебли мяты, душицы, тимьяна). Все виды сырья выращивали традиционными плантационными способами возделывания с применением агрономических методов, учитывающих климатические условия Брянского региона.

ESG-трансформацию лекарственного пряноароматического растительного сырья осуществляли при помощи криогенного измельчения предварительно высушенного традиционным способом сырья (Кошевой, Следь, 2006) в вибрационно-шаровой мельнице с использованием жидкого азота. При этом контролировали расход жидкого азота, температуру, размер частиц, массовую долю влаги, содержание аскорбиновой кислоты, эфирных масел, общее количество фенольных соединений с Р-витаминной активностью, содержание β-каротина, клетчатки, сахаров, азота, свободных аминокислот и простых пептидов. Измельчение проводили в мельнице до размера частиц 10...50 мкм, оптимальная температура криогенного измельчения составляла минус 20 °С.

Содержание биологически активных веществ в лекарственном и пряноароматическом растительном сырье, используемом для изготовления криопорошков (мг в 100 г продукта) определялось по массовой доле фенольных соединений с Р-витаминной активностью (ГОСТ 21908-93, 1995), дубильных веществ (по танину) (ГОСТ 24027.2-80, 1999), эфирных масел (ГОСТ 34213-2017, 2019), витамина С (ГОСТ 7047-55, 1994), β-каротина (ГОСТ Р 54058-2010, 2019).

Лабораторные образцы из цветков и корней эхинацеи, цветков календулы, корней айра и цикория, листьев и стеблей душицы, чабреца, мяты, плодов шиповника, семян кориандра были получены в Учебно-производственном комбинате Брянского ГАУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире наблюдается дефицит природных пищевых добавок, обладающих способностью повышать общую сопротивляемость организма к воздействию повреждающих факторов (радиационного излучения, канцерогенных веществ, старения, УФ-излучения и т. п.). Разработка и внедрение пищевых продуктов функциональной направленности с скорректированной пищевой ценностью является важной задачей для укрепления здоровья населения за счет снижения доли алиментарно зависимых заболеваний, что согласуется с СНТР российской Федерации п. 21 г. Современные «зеленые» технологии, к примеру, ESG-трансформация растительного сырья в порошок для создания технологии здоровьесбережения, набирают все большую популярность в силу своей натуральности, биологической активности и способности ответить на современные глобальные экологические вызовы.

Технологическая схема производства пищевых добавок из ЛПАРС в форме криопорошков при помощи криогенного измельчения показана на Рисунке 1.

В задачу настоящей работы входила разработка режимов ESG-трансформации сырья из ЛПАРС и получение мелкодисперсных порошков с размером частиц 5...50 мкм. Процесс создания криопорошков отличается от традиционных технологий производства использованием криогенного измельчения, как способа механоактивации, в результате чего получается более биодоступный продукт, обогащенный низкомолекулярными биологически активными веществами.

Технологическая линия состоит из следующих основных частей: инспекционного транспортера, соломорезки, охладителя сырья, криогенной вибрационно-шаровой мельницы, приемного сборника (отеплителя), пылеуловителя, системы азотного питания, пульта управления.

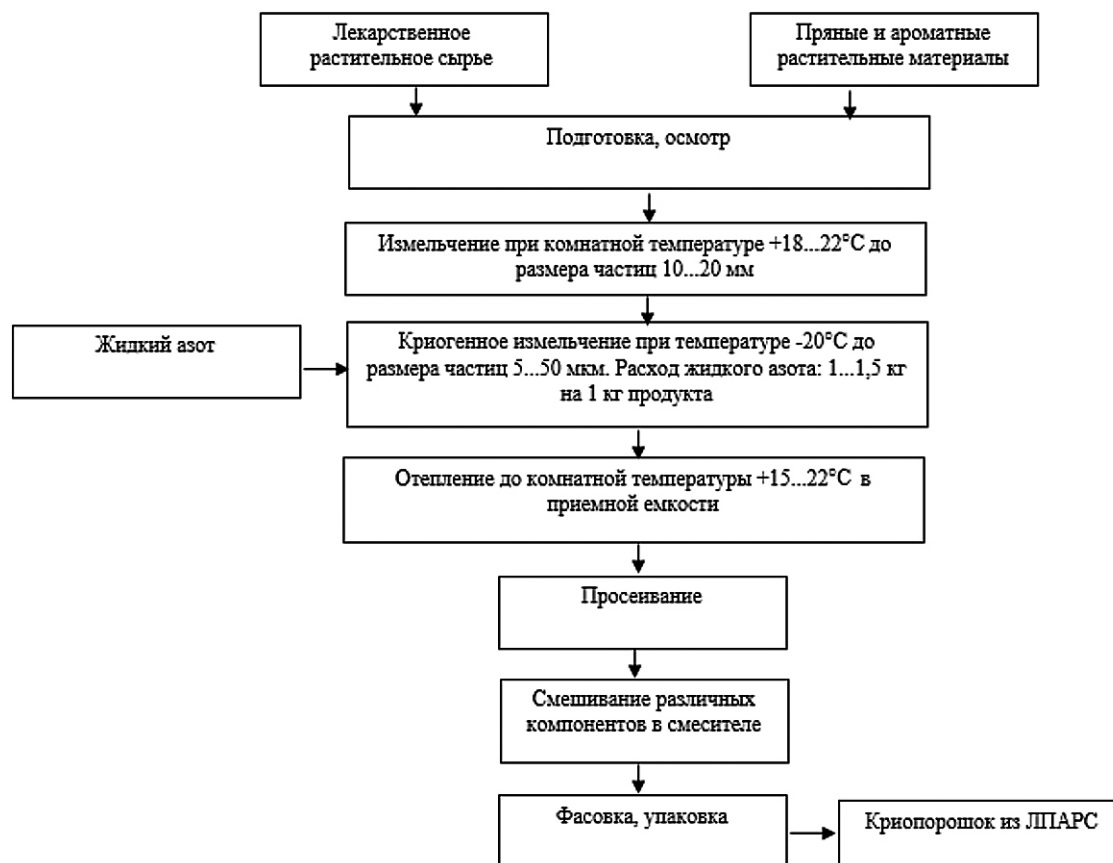
Технология получения пищевых добавок из ЛПАРС состоит в следующем: в начале проводят инспекцию высушенного лекарственного и пряноароматического растительного сырья, затем его измельчают в мельницах типа соломорезок до частиц размером 10...20 мм. Далее охлаждают жидким азотом до температуры -20° С для придания хрупкости и максимального сохранения БАВ, после чего измельчают в азотной среде в вибрационно-шаровой криомельнице и получают мелкодиспер-

Рисунок 1

Технологическая схема ESG-трансформации лекарственного пряноароматического растительного сырья с использованием криогенного измельчения для технологии здоровьесбережения

Figure 1

Flow Chart of the ESG Transformation of Medicinal Aromatic Plant Materials Using Cryogenic Grinding for Health-Preserving Technology



ственный порошок с размером частиц 5...50 мкм (с содержанием этой фракции не менее 75...80 %).

Температура рабочих органов и замороженного растительного сырья должна быть -20°C для снятия локального перегрева рабочих органов при измельчении сухого растительного сырья. Продолжительность помола ЛПАРС зависит от его структурно-механических свойств, химического состава (в среднем составляет 1,0... 1,5 ч на 1 кг порошка).

После криогенного измельчения порошки отепляют до комнатной температуры $18...22^{\circ}\text{C}$ при непрерывном перемешивании в герметической емкости в течение 2...4 ч. Затем каждый полученный порошок в отдельности или их смеси (после купажирования) фасуют в пакеты из ламинированной бумаги или из трехслойной алюминиевой фольги.

В работе был изучен химический состав высушенного ЛПАРС, которое произрастает в Брянской области:

цветы и корни эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea Moench*), корень аира обыкновенного (*Acorus calamus*), листья и стебли душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*), цветки календулы (*Calendula officinalis*), семена кориандра посевного (*Coriandrum sativum*), листья и стебли мяты перечной (*Mentha piperita*), корень цикория (*Cichorium intybus*), листья и стебли чабреца, или тимьяна ползучего (*Thymus vulgaris*), плоды шиповника коричневого (*Rosa cinnamomea*).

Контроль качества высушенного ЛПАРС был проведен по следующим показателям: содержание фенольных соединений с Р-витаминной активностью, в том числе общее содержание фенольных соединений (по хлорогеновой кислоте), суммы флавоноловых гликозидов (по рутину), катехинов (по d-катехину), эфирных масел, витаминов (С, каротина), дубильных веществ (по танину), минеральных веществ (К, Са, Na, Mg, P, Fe), белков, влаги, сахаров, клетчатки, пектиновых веществ, органических кислот. Литературные данные по химическому составу имеют противоречивый характер. Оценку качества пи-

щевых добавок из ЛПАРС производили по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и по химическому составу, руководствуясь рекомендациями Института питания РАМН России (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021).

По органолептическим показателям криопорошки из ЛПАРС представляют собой однородную сыпучую массу с гармоничным вкусом и ароматом, свойственным исходному сырью.

В результате исследования физико-химических показателей было установлено, что массовая доля влаги в порошках составляет 7,9...9,3 %, органических кислот – 0,6...4,8 %.

Аналогично исходному сырью, в пищевых добавках из ЛПАРС содержится значительное количество фенольных соединений с Р-витаминной активностью (1,1...13,0 %), флавоноловых гликозидов (0,7...4,4 %), свободных катехинов (0,23...0,94 %) (Таблица 1). Наибольшим количеством флавоноловых гликозидов и катехинов отличаются порошки из календулы, корней цикория, аира, плодов шиповника, цветов и корней эхинацеи (соответственно 4467,7; 2828,3; 1778,4; 1610,5; 1503,0 мг в 100 г и соответственно 964,4; 945,7; 731,5; 819,7; >8,4 мг в 100 г). В пищевых добавках из ЛПАРС содержится также значительное количество дубильных веществ (0,987...6,3 %). Наибольшее количество дубильных ве-

ществ содержится в плодах шиповника (6,3 %), корнях эхинацеи (5,1 %) и душице (5,3 %).

Показано также, что в пищевых добавках из ЛПАРС содержится небольшое количество аскорбиновой кислоты (2,1...34,3 мг в 100 г). Исключение составляют плоды шиповника, в котором содержание аскорбиновой кислоты составляет 285,6 мг в 100 г. Содержание каротина колеблется от 0,2 до 1,8 мг в 100 г, и только в порошках из мяты и шиповника его содержание составляет соответственно 16,7 и 12,2 мг в 100 г. Содержание эфирных масел составляло 192...3400 мг в 100 г.

Установлено, что криопорошки из ЛПАРС, по сравнению с исходным сырьем, представляют собой продукты, обогащенные на 30–80 % (Таблица 2).

Показано также, что криопорошки из ЛПАРС по микробиологическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ (ГОСТ 34221-2017, 2020). Так, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов колебалось от $3,7 \times 10^3$ до $4,5 \times 10^5$.

Изучено также качество криопорошков из ЛПАРС (мяты и шиповника) в процессе хранения в полиэтиленовых пакетах при комнатной температуре 18...22 °С в течение 12 месяцев. Оценка проводилась по массовой доле влаги и титруемых кислот, содержанию аскорбиновой кислоты, общему количеству мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных организмов.

Таблица 1

Содержание биологически активных веществ в лекарственном и пряноароматическом растительном сырье (мг в 100 г продукта)

Table 1

Content of Biologically Active Substances in Medicinal and Aromatic Plant Materials (mg per 100 g of product)

Растительное сырье	Фенольные соединения с Р-витаминной активностью			Дубильные вещества (по танину)	Эфирные масла	Витамин С	Каротин
	общие (по хлорогеновой кислоте)	флавоноловые гликозиды (по рутину)	свободные катехины (по d-катехину)				
Эхинацея (цветки)	4480 ± 134,40	920,3 ± 13,80	535,9 ± 5,89	1443 ± 15,87	100 ± 1,01	18,4 ± 0,18	0,20 ± 0,001
Календула (цветки)	3575 ± 89,37	2553,6 ± 53,62	551,1 ± 6,06	1820 ± 20,02	120 ± 1,23	15,5 ± 0,15	0,90 ± 0,001
Цикорий (корень)	2450 ± 49,00	1616,2 ± 27,47	540,4 ± 5,94	1920 ± 21,12	110 ± 1,11	14,2 ± 0,14	0,06 ± 0,001
Эхинацея (корень)	2080 ± 31,20	858,9 ± 9,44	364,8 ± 3,68	3400 ± 78,20	120 ± 1,22	11,0 ± 0,11	0,10 ± 0,001
Аир (корень)	4420 ± 132,60	933,2 ± 10,26	418,0 ± 4,26	1775 ± 24,85	1100 ± 12,1	11,7 ± 0,12	–
Чабрец (листья, стебли)	3105 ± 77,62	784,2 ± 8,62	490,2 ± 5,00	1245 ± 13,69	200 ± 2,06	22,8 ± 0,31	1,20 ± 0,1
Душица (листья, стебли)	522 ± 6,26	740,0 ± 8,14	128,1 ± 1,29	3584 ± 89,60	200 ± 2,06	3,2 ± 0,03	0,60 ± 0,001
Мята (листья, стебли)	7485 ± 224,50	727,5 ± 8,00	380,2 ± 3,91	2890 ± 60,69	2000 ± 26,0	10,4 ± 0,10	8,80 ± 0,11
Кориандр (семена)	685 ± 8,22	412,4 ± 4,53	132,4 ± 1,33	658 ± 6,64	2500 ± 35,00	1,5 ± 0,01	0,50 ± 0,001
Шиповник (плоды)	5118 ± 153,50	988,0 ± 12,84	455,4 ± 4,69	4200 ± 117,60	–	204,0 ± 2,10	6,80 ± 0,08

Таблица 2

Влияние криогенной ESG-трансформации на физико-химические показатели и содержание биологически активных веществ в криопорошках из ЛПАРС

Table 2

The effect of Cryogenic ESG Transformation on the Physicochemical Properties and Content of Biologically Active Substances in Cryogenic Powders from Medical Spicy Aromatic Plant Raw Materials

Криопорошки из ЛПАРС	Влажность, %	Органические кислоты, %	Фенольные соединения, г в 100 г			Дубильные вещества (по танину), мг в 100 г	Эфирные масла, мг в 100 г	Каротин, мг в 100 г	Витамин С, мг в 100 г
			общие (по хлорогеновой кислоте)	флавоноловые гликозиды (по рутину)	свободные катехины (по d- катехину)				
Эхинацея (цветки)	8,0 ± 0,10	3,5 ± 0,09	6720 ± 218,50	1610,5 ± 23,80	937,8 ± 21,63	2164,5 ± 64,92	170 ± 05,10	0,40 ± 0,10	27,5 ± 0,82
Эхинацея (корень)	8,4 ± 0,24	0,5 ± 0,10	5720 ± 124,50	1503,0 ± 43,12	638,4 ± 18,63	5100,0 ± 83,33	205 ± 09,17	0,20 ± 0,10	16,5 ± 0,62
Календула (цветки)	8,1 ± 0,22	4,8 ± 0,21	441 ± 10,10	4467,7 ± 63,28	964,4 ± 22,93	2730,0 ± 54,00	204 ± 07,11	1,8 ± 0,10	23,3 ± 0,78
Цикорий (корень)	8,1 ± 0,11	0,9 ± 0,03	3536 ± 94,50	2828,3 ± 39,18	945,7 ± 25,00	2880,0 ± 64,17	192 ± 10,22	0,1 ± 0,05	21,3 ± 0,80
Аир (корень)	8,1 ± 0,09	0,6 ± 0,01	7514 ± 224,20	1633,1 ± 24,60	731,5 ± 19,45	2662,3 ± 61,27	1870 ± 56,10	–	16,4 ± 0,65
Мята (листья, стебли)	8,3 ± 0,10	4,0 ± 0,10	13098 ± 224,50	1309,5 ± 34,71	684,4 ± 20,63	4335,0 ± 74,62	3400 ± 67,20	16,7 ± 0,50	15,6 ± 0,61
Чабрец (листья, стебли)	7,9 ± 0,10	2,0 ± 0,06	5278 ± 120,10	1372,0 ± 33,30	857,8 ± 24,60	1967,5 ± 34,12	350 ± 15,18	2,4 ± 0,07	34,3 ± 0,15
Душица (листья, стебли)	8,3 ± 0,28	3,3 ± 0,08	9135 ± 624,50	1295,0 ± 23,90	224,2 ± 09,86	5376,0 ± 85,17	345 ± 15,20	1,2 ± 0,10	4,8 ± 0,14
Шиповник (плоды)	8,5 ± 0,31	2,8 ± 0,07	8956 ± 554,30	1778,4 ± 24,34	819,7 ± 19,36	6300,0 ± 91,00	–	12,2 ± 0,04	285,6 ± 8,50
Кориандр (плоды)	9,3 ± 0,42	1,4 ± 0,01	1164 ± 9288,40	721,7 ± 21,63	231,4 ± 11,30	987,0 ± 18,10	4250 ± 76,10	1,1 ± 0,03	2,1 ± 0,06

Показано, что качество криопорошков из ЛПАРС в процессе хранения практически не менялось.

Таким образом, новые криопорошки из ЛПАРС, полученные в результате криогенной ESG-трансформации, представляют сложные поликомпонентные системы, состоящие из смеси БАВ, отличаются высоким содержанием природных антиоксидантов, радиопротекторов, иммуномодуляторов, таких как флавоноловые гликозиды, катехины, фенольные соединения (включая хлорогеновую кислоту), ненасыщенные ароматические вещества, терпены, дубильные вещества и т. п.

ВЫВОДЫ

1. Подобраны опытные образцы ЛПАРС: цветы и корни эхинацеи, корни цикория и аира, плоды шиповника, цветки календулы, семена кориандра, цветы, листья и стебли

мяты, душицы, чабреца, из которых изготовлены криопорошки. Все виды растительного сырья произрастали на территории Брянской области.

2. Изучено содержание биологически активных веществ в десяти опытных образцах лекарственного и пряноароматического растительного сырья.

3. Установлены режимы ESG-трансформации сырья в мелкодисперсные порошкообразные добавки с использованием жидкого азота. Они включали в себя дробление до размера частиц 10–20 мм, последующее криогенное измельчение при температуре минус 20 °С до величины 5–50 мкм, отепление и просеивание. На основе данных результатов разработана «зеленая» технология мелкодисперсных порошкообразных добавок в форме криопорошков из лекарственного и пряноароматического растительного сырья, ставшая основой для технологии здоровьесбережения.

4. Установлено, что криопорошки из ЛПАРС, по сравнению с исходным сырьем, представляют собой продукты, обогащенные на 30...80 %.

ВКЛАД АВТОРОВ

Слезко Е.И.: проведение исследования; формальный анализ; визуализация.

Прохода И.А.: разработка концепции; проведение исследования; курирование данных; научное руководство.

Гапонова В.Е.: написание черновика рукописи; формальный анализ.

Лакмоткина Г.Н.: написание черновика рукописи; валидация результатов.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Slezko E.I.: conducting research; formal analysis; visualization.

Prokhoda I.A.: concept development; research execution, data curation; scientific supervision.

Gaponova V. E.: writing a draft manuscript; formal analysis.

Lakhmotkina G.N.: writing a draft manuscript; validation of results.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 7047-55. (1994). *Витамины А, С, Д, В1, В2 и РР. Отбор проб, методы определения витаминов и испытания качества витаминных препаратов.* Издательство Стандартов.
- ГОСТ 21908-93. (1995). *Сырье лекарственное растительное. Метод определения суммы флавоноидов.* ИПК Издательство стандартов.
- ГОСТ 24027.2-80. (1999). *Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла.* Издательство стандарт.
- ГОСТ 34213-2017. (2019). *Сырье эфиромасличное цветочно-травянистое.* Стандартиформ.
- ГОСТ 34221-2017. (2020). *Семена лекарственных и ароматических культур. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия.* Стандартиформ.
- ГОСТ Р 54058-2010. (2019). *Продукты пищевые специализированные и функциональные. Метод определения каротиноидов.* Стандартиформ.
- Илларионова, Е. А., & Сыроватский, И. П. (2020). *Биологически активные и пищевые добавки. Оценка эффективности и безопасности.* Иркутский государственный медицинский университет.
- Кислицына, А. А., & Быков, А. И. (2017). *Лекарственные и эфиромасличные растения.* Изд-во КГСХА.
- Кошевой, Е. П., & Следь, Н. И. (2006). Криогенное измельчение пряностей – эффективная технология. В *Техника и технология пищевых производств: Тезисы докладов V Международной научной конференции* (стр. 243).
- МР 2.3.1.0253-21. (2021). *Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.* Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
- Мусаев, Ф. А., Захарова, О. А., & Морозова, Н. И. (2013). *Пряные растения и инновационные приемы использования их в пищевой промышленности.* ФГБОУ ВПО РГАТУ.

Тутельян, В. А., & Лашнева, Н. В. (2011). Биологически активные вещества растительного происхождения. Флаваноны: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков. *Вопросы питания*, 80(5), 4–23.

REFERENCES

- GOST 7047-55. (1994). *Vitamins A, C, D, B1, B2 and PP. Sampling, methods for determination of vitamins and quality testing of vitamin preparations*. Izdatelstvo Standartov.
- GOST 21908-93. (1995). *Herbal medicinal raw materials. Method for determination of total flavonoids*. ИПК Izdatelstvo standartov.
- GOST 24027.2-80. (1999). *Herbal medicinal raw materials. Methods for determination of moisture, ash content, extractive and tannin substances, essential oil*. Izdatelstvo standart.
- GOST 34213-2017. (2019). *Essential oil floral and herbaceous raw materials*. Standartinform.
- GOST 34221-2017. (2020). *Seeds of medicinal and aromatic crops. Varietal and sowing qualities. General specifications*. Standartinform.
- GOST R 54058-2010. (2019). *Specialized and functional food products. Method for determination of carotenoids*. Standartinform.
- Illarionova, E. A., & Syrovatsky, I. P. (2020). *Biologically active substances and food supplements. Evaluation of efficacy and safety*. Irkutsk State Medical University.
- Kislitsyna, A. A., & Bykov, A. I. (2017). *Medicinal and essential oil plants*. Publishing House of KSAU (Kostroma State Agricultural Academy).
- Koshevoy, E. P., & Sled, N. I. (2006). Cryogenic grinding of spices – an effective technology. In *Equipment and technology of food production: Abstracts of the V International Scientific Conference* (p. 243).
- MR 2.3.1.0253-21. (2021). *Norms of physiological energy and nutrient requirements for various population groups of the Russian Federation*. Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing.
- Musaev, F. A., Zakharova, O. A., & Morozova, N. I. (2013). *Spice plants and innovative methods of their use in the food industry*. FGBOU VPO RGATU (Ryazan State Agrotechnological University).
- Tutelyan, V. A., & Lashneva, N. V. (2011). Biologically active substances of plant origin. Flavanones: food sources, bioavailability, influence on xenobiotic metabolism enzymes. *Problems of Nutrition*, 80(5), 4–23.