

БЕЛКОВЫЕ ИЗОЛЯТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ: ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ИЗОЛЯТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Компанцев Д. В.¹, Попов А. В.², Привалов И. М.¹, Степанова Э. Ф.¹

¹ГОУ ВПО «Пятигорский медико-фармацевтический институт» филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, e-mail: v.l.adzhienko@pmedpharm.ru;

²Агропромышленная Ассоциация «Лён Алтай», Барнаул, e-mail: orion103@yandex.ru

Обзор посвящен актуальному направлению современной биологии и биоинженерии – получению и использованию белковых изолятов из растительного сырья. На основе обобщения литературных и собственных данных анализируются способы получения белкового изолята из растительного сырья и рассматриваются некоторые концептуальные решения создания непрерывных экологически чистых, экономически эффективных производств растительных протеинов, не содержащих ГМО и фитоэстрогены. Высокие функционально-технологические свойства изолятов растительного белка и его повышенная биологическая ценность, многовариантность технологического применения, высокая экономичность и простота использования позволяют рассматривать белковый изолят из растительного сырья как наиболее перспективный для реализации в производстве мясных и молочных продуктов. Обсуждается целесообразность создания производств по переработке шрота культивируемых в России масличных культур, с последующим использованием полученного белкового изолята в пищевой промышленности.

Ключевые слова: белковые изоляты, растительное сырье, технология получения.

PROTEIN ISOLATES FROM VEGETABLE RAW MATERIALS: AN OVERVIEW OF THE CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF ANALYSIS TECHNOLOGY OF PROTEIN ISOLATES FROM VEGETABLE RAW MATERIALS

Kompantsev D. V.¹, Popov A. V.², Privalov I. M.¹, Stepanova E. F.¹

¹GOU VPO Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, e-mail: v.l.adzhienko@pmedpharm.ru;

²Agropromyshlennaya Association "Flax Altai", Barnaul, e-mail: orion103@yandex.ru

The review deals with a topical direction of modern biology and bioengineering – the production and use of protein isolates from plant material. On the basis of summarizing the literature and our own data analyzes methods for producing a protein isolate from plants and are considered some of the conceptual solutions create a continuous environmentally-friendly, cost-effective production of vegetable proteins do not contain GMOs and phytoestrogens. High functional and technological properties of the isolates of vegetable protein and its increased biological value, multivariate technological applications, high efficiency and ease of use allow us to consider protein isolate from plant material as the most promising for implementation in the production of meat and dairy products. We discuss the feasibility of establishing production facilities for processing meal of oilseeds cultivated in Russia, with subsequent use of the resulting protein isolate in the food industry.

Keywords: protein isolates, plant material, producing technology.

В современном мире постоянно растет потребность в белках и продуктах на их основе. По данным ВОЗ более 60 % человечества не получают достаточного количества белка. Недостаток белков в питании нарушает динамическое равновесие метаболических процессов с участием белков, сдвигая его в сторону преобладания распада собственных белков клетки, и приводит к истощению организма. В связи с этим особую значимость приобретают вопросы обеспечения населения белковыми компонентами питания, а также повышается приоритет исследований в этом направлении, подтверждаемый разработкой и осуществлением специальных программ в промышленно-развитых странах мира [4].

Общепризнанным механизмом ликвидации дефицита белка и улучшения пищевой ценности продуктов питания является использование новых его источников [13].

Цель исследования

Целью наших исследований явилась систематизация и обобщение литературных и собственных данных по технологии получения белковых изолятов из растительного сырья, а также анализ перспектив развития технологических решений, создания малоотходных технологий и экологически чистых производств.

Материал и методы исследования

Основная функция белка в питании – обеспечение организма человека необходимыми аминокислотами, из которых девять из 20 являются незаменимыми и обязательно должны поступать с пищей. Заменяемые аминокислоты синтезируются в организме в количествах, не обеспечивающих полностью его потребности. Посредством белка удовлетворяется потребность организма в общем азоте, обеспечивающем биосинтез заменимых аминокислот и других азотсодержащих эндогенных биологически активных веществ.

Качество пищевого белка определяется наличием в нем полного набора незаменимых аминокислот в определенном количестве и в определенном соотношении с заменимыми аминокислотами. Качество пищевого белка характеризуется прежде всего его биологической ценностью, степенью чистой утилизации белка, его аминокислотным составом, коэффициентом перевариваемости белка пищи у человека.

Физиологическая потребность в «идеальном» белке у взрослых – 0,75 г/кг массы тела. Наиболее близки к «идеальным белкам» – белки яиц, мяса, молока. При потреблении смешанной растительно-животной пищи потребность повышается до 0,85–1,0 г/кг массы тела. Это обусловлено снижением перевариваемости и усвояемости белка в желудочно-кишечном тракте.

Продукты растительного и животного происхождения различаются по концентрации белка. Большинство растительных белков лимитированы по одной или нескольким незаменимым аминокислотам. Белки злаковых культур лимитированы по лизину и треонину, бобовых культур – по метионину и цистеину.

Пищевая ценность таких белков может быть скорректирована путем добавления лимитирующей аминокислоты. Концентрация белка в большинстве пищевых продуктов растительного происхождения является слишком низкой, чтобы быть адекватным источником белков. Современные достижения в области технологии обработки и химии белка позволяют преодолеть этот недостаток. Например, удаление масла и целлюлозы увеличивает концентрацию белка в семенах масличных культур. При использовании

соответствующих растворителей и технологических процессов белки могут быть частично или полностью отделены от других органических материалов.

При употреблении животного белка увеличивается выработка инсулиноподобного фактора роста 1. В раннем возрасте этот фактор является одним из важных стимуляторов роста организма, но в зрелом возрасте он стимулирует процесс старения, способствует росту, пролиферации и распространению раковых клеток. Избыток животного белка может отрицательно влиять на кальциевый обмен, функции почек, здоровье костей, на сердечно-сосудистую систему.

Прямое использование растительных белков как продуктов питания является более эффективным, чем получение белка от животных, которых кормили растительными белками.

Растительное сырье для производства белков значительно дешевле, чем сырье животного происхождения, более доступно и требует меньших затрат для хранения и транспортировки. Это очень важно для стран с ограниченными экономическими ресурсами.

Аминокислотный профиль соевого белка считается наиболее близким к животным белкам. Соя содержит высокий уровень полноценного белка и некоторые незаменимые аминокислоты.

К негативным свойствам сои, относят: во-первых, содержание большого количества природных токсинов или «антинутриентов», которые блокируют действие трипсина и других ферментов, необходимых для переваривания белков. Эти ингибиторы способны вызывать серьезные расстройства желудка, снижают пищеварение любых белков и поглощение аминокислот. Во-вторых, соевые бобы отличаются высоким содержанием фитиновой кислоты, которая блокирует поглощение в желудочно-кишечном тракте необходимых минералов – кальция, магния, меди, железа и особенно цинка.

В-третьих, соя содержит фитоэстрогены. Переизбыток эстрогенов вызывает серьезные гормональные нарушения как у женщин, так и у мужчин. Изофлавоны сои ингибируют синтез эстрадиола и других стероидных гормонов, вызывая репродуктивные проблемы, бесплодие, заболевания щитовидной железы. Имеются сведения, что соевый протеин при длительном приеме наносит вред сердечно-сосудистой системе, приводит к ускоренному старению мозга и более выраженному снижению познавательной функции.

Большая часть (около 99 % сои) является генетически модифицированной, а также соя имеет один из самых высоких показателей загрязнения пестицидами.

Часть исследователей считает, что данные проблемы в изоляте белков сои частично решены, путем производственной очистки соевого продукта и последующим обогащением его метионином. Изолят соевого белка (SPI) является в настоящий момент ключевым

ингредиентом в большинстве соевых продуктов, которые имитируют мясо и молочные продукты, в том числе он входит в состав детского питания и некоторых марок молока.

Производство SPI осуществляется в промышленных условиях. Суспензию соевых бобов сначала смешивают с щелочным раствором, чтобы удалить волокна, затем осаждают и отделяют с помощью кислотной промывки и, наконец, нейтрализуют в щелочном растворе. Полученный промежуточный продукт подвергают распылительной сушке при высоких температурах. Обработка высоким давлением и последующая экструзия позволяют произвести текстурированный соевый белок. В процессе высокотемпературной обработки удаляется большая часть ингибитора трипсина, но не весь. Даже в тофу и соевом твороге ингибиторы трипсина не полностью устранены. Одним из побочных эффектов высокотемпературной обработки является денатурация части других белков. Поэтому в соевый корм для животных необходимо добавлять лизин для нормального роста. В процессе распылительной сушки формируются нитриты, являющиеся сильными канцерогенами. Токсин лизиноаланин (Lal), потенциально опасный пищевой фактор, поражающий почки, также образуется в процессе высокотемпературной обработки сои.

В качестве загустителя и для улучшения вкусовых качеств в изолят соевого белка и текстурированный растительный белок добавляют многочисленные искусственные ароматизаторы и загустители, в частности, глутамат натрия.

После получения фитиновая кислота остается в изоляте соевых белков. Тем не менее во многих странах изолят соевого белка и текстурированного растительного белка широко используется в программах школьного питания, в коммерческих хлебобулочных изделиях, диетических напитках и продуктах быстрого приготовления.

Альтернативой соевому белку на сегодняшний день могут быть растительные белки, содержащиеся в злаковых, масличных, бобовых и зерновых культурах, биомассе зеленых растений, орехах. Белковый изолят из семян конопли, льна, орехов, риса, гороха предпочтительней, чем соевый белок.

В настоящее время ежегодные мировые площади под культурой льна составляют 3,5–4,5 млн га, при этом более 70 % посевов – масличные льны [6].

Вот данные научно-исследовательского института льноводства: пищевая ценность белка из семян льна оценивается в 92 единицы в сравнении со 100 единицами казеина молока. Установлено, что в льняном белке содержится семь незаменимых аминокислот – лизин, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, а также гистидин и аргинин, считающиеся незаменимыми в детском возрасте. Это свидетельствует о высокой биологической ценности белка льна, качественно и количественно сравнимой с соевыми белковыми продуктами [6].

Лен в России – национальная стратегическая культура, которая возделывается по экологически безопасной технологии, обеспечивающей возможность получения пищевой продукции гарантированного качества. Кроме того, выращивание льна способствует экологическому оздоровлению почвы и окружающей среды.

Белковые продукты выпускаются в виде препаратов, отличающихся способом получения, природой исходного сырья и степенью его очистки от сопутствующих компонентов, содержанием суммарного белка. Из растительного сырья выделяют следующие виды белковых препаратов: муку, концентраты с содержанием белка не менее 60–65 % и изоляты с содержанием белка не менее 90 %, текстурированные белки. Белковые изоляты пищевого назначения должны содержать белки с молекулярными массами не менее 50 кДа [4]. Концентраты и изоляты растительных белков с обезличенным вкусом и запахом являются экономически более целесообразными формами белковых продуктов, что позволяет использовать их в больших дозировках [20].

Современные технологии получения белковых продуктов из растительного сырья базируются на двух технологических подходах:

- глубокое фракционирование макронутриентов сырья с максимизацией выхода белков, их очистка, концентрирование и, при необходимости, модификация функциональных и медико-биологических характеристик;

- оптимальное фракционирование макро- и микронутриентов сырья с получением белково-липидных и белково-углеводных композитов заданного состава с максимальным сохранением фитохимического потенциала сопутствующих микронутриентов [1].

Важнейшим приоритетом сегодня является распространение технологий, превращающих малоценные отходы переработки растительного сырья в белковые продукты и компоненты с высокой добавленной стоимостью, в частности, использование растительных белков в пищевой промышленности. Разработка малоотходных эффективных технологий переработки вторичного возобновляемого растительного сырья, отвечающих требованиям экологической безопасности и снижению энергоёмкости, имеет глобальное значение.

В последнее десятилетие процессы выделения растительного белка были значительно улучшены путем введения ультрафильтрации с помощью мембран обратного осмоса, новых адсорбентов, более совершенных растворителей и применения современного технологического оборудования.

В биологических объектах чаще всего присутствуют соединения и смеси большого числа белков, при этом многие из них близки друг к другу по физико-химическим свойствам. Часто наблюдается практическое совпадение отдельных физико-химических

характеристик выделяемых белков, что заставляет использовать несколько способов очистки, которые позволяют выделить наибольший объем возможных различий.

Выделение белковых изолятов также осложняется неустойчивостью белка, возможностью денатурации в процессе очистки, что сильно ограничивает многообразие применяемых методик.

Широкое разнообразие белковых соединений, а также их нестабильность приводят в невозможности разработки единой технологической схемы выделения и очистки белковых соединений. Даже для одного и того же белка различными авторами предлагается несколько схем выделения, которые часто сопоставимы по эффективности [15].

Большинство из методов выделения и очистки белков хорошо работают в лабораторных масштабах, но лишь немногие из них могут быть использованы для получения белков в количествах, требуемых для коммерческих целей.

На основные технологические подходы к выделению белковых изолятов влияют физико-химические свойства выделяемых белковых молекул: форма молекул, молекулярная масса, суммарный заряд молекулы, соотношение полярных и неполярных групп на поверхности нативной молекулы белка, растворимость белков, а также степень устойчивости к воздействию денатурирующих агентов.

Получение индивидуальных белков из биологического материала (тканей, органов, клеточных культур) начинается с дробления биологического материала и разрушения клеточных мембран.

Если белок содержится в межклеточной жидкости, то часто бывает достаточно механического отжима тканевого сока. Более высокая эффективность извлечения достигается лишь при измельчении ткани гомогенизаторами. При гомогенизации ткань, находящуюся в буферном растворе с определённым значением pH и концентрацией солей, измельчают и растирают до однородной массы. В зависимости от того, в каких частях клетки находится белок, подбирают степень измельчения.

Если извлекаемый белковый изолят термостабилен или для его выделения требуется полное разрушение клеточной структуры, извлечение проводится методом замораживания и оттаивания ткани. В результате попеременного замораживания и оттаивания образующиеся кристаллы льда разрушают оболочки клеток.

Также в качестве разрушающего агента может выступать ультразвук. Изменением мощности источника воздействия и частоты колебаний подбирается режим воздействия, при котором исключается денатурация белка.

Относительно устойчивые белки можно успешно извлекать из тканевых препаратов химическими агентами (ацетоном, раствором глицерина). Предварительная лиофилизация

тканевого препарата позволяет интенсифицировать извлечение.

Классическая схема выделения белкового изолята включает следующие этапы: экстрагирование белков, последующее добавление кислоты для осаждения белка в изоэлектрической точке, центрифугирование, промывание и высушивание.

Классическая схема выделения белкового изолята имеет много различных вариантов. Основные вариации схемы касаются процесса подготовки шрота к экстракции, выбора типа растворителя и осадителя белков после окончания процесса.

Процесс получения белкового изолята чаще всего проводят при пониженной температуре, т.к. ее повышение может привести к денатурации белка. Понижение температуры при выделении белка также предотвращает или уменьшает рост микроорганизмов и замедляет действие гидролизующих ферментов.

Выбор экстрагента для получения белковых изолятов проводится так, чтобы наряду с наиболее полным выделением белка отбросить максимальное количество сопутствующих примесей. При этом учитывается значение рН, ионная сила раствора, температура, продолжительность извлечения и состав экстрагента. Необходимо использовать методы, учитывающие какую-либо характерную особенность данного белка, например, термостабильность или устойчивость в кислых растворах. Сначала методами очистки необходимо удалить из раствора основную массу балластных белков и сопутствующих веществ, которые значительно отличаются от выделяемого белка физико-химическими свойствами, затем применяют всё более тонкие методы очистки белка.

В Дании запатентована технология получения изолята белка из содержащего белок вещества, предварительно размолотого до состояния муки [9].

Высаливание является классическим методом выделения белков. Чаще всего для разделения белков методом высаливания используют разные концентрации солей сульфата аммония – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Чем выше растворимость белка, тем большая концентрация соли необходима для его высаливания.

Во многих методах очистки используется снижение растворимости белков при рН, близком к значению изоэлектрической точки. Ряд белков в кристаллическом состоянии получают путем повышения концентрации солей в белковых растворах, приведенных к изоэлектрической точке.

Часто для фракционирования и очистки белков используются органические растворители. Так как они способны денатурировать многие белки, то их применяют при низких температурах и со строго ограниченной продолжительностью действия.

Для выделения и очистки белков применяется целый ряд методов, основанных на различиях в весе и размерах молекул белков. Наиболее распространенным из таких методов

является ультрацентрифугирование.

Для разделения белков часто используют хроматографические методы, основанные на распределении веществ между двумя фазами, одна из которых подвижная, а другая неподвижная. В основу хроматографических методов положены разные принципы: гель-фильтрации, ионного обмена, адсорбции, биологического сродства.

Довольно широкое применение получили методы очистки, основанные на сродстве белков к определенным адсорбентам. Основным из таких методов является адсорбционная хроматография. Метод основан на разделении белков, различающихся суммарным зарядом при определённых значениях рН и ионной силы раствора. При пропускании раствора белков через хроматографическую колонку, заполненную твёрдым пористым заряженным материалом, часть белков задерживается на нём в результате электростатических взаимодействий.

В Канаде для получения белкового изолята из очищенных и измельченных маслосемян применяется непрерывный способ извлечения, включающий экстракцию водным раствором соли при температуре 5 °С для солюбилизации белка [14].

Главным недостатком известных способов извлечения белковых изолятов (за исключением турбосепарации) является необходимость применения агрессивных веществ, для элиминации которых из конечных продуктов требуется многократная промывка водой. Это создает экологические проблемы и значительно удорожает получаемый изолят [9].

Белковые изоляты для пищевого назначения оцениваются по следующим параметрам: жироземмульгирующей и жироудерживающей способности, острой токсичности, индексу растворимого белка [2].

Отдельно остановимся на получении изолята растительного белка из шрота масличных культур. Масличный шрот на сегодняшний день является перспективным источником высококачественного белка для пищевой и кормовой промышленности. Значительное число научных исследований и разработок, как в нашей стране, так и за рубежом, посвящено вопросам ресурсосберегающей экономически целесообразной технологии комплексной переработки возобновляемого растительного сырья – шрота масличных культур с получением продуктов пищевого и кормового назначения [12,16,18].

Существуют технологии, позволяющие выделять из шрота масличных культур концентрированный белок с чистотой до 80 %, с последующей полной утилизацией шрота и использованием оборотной воды в процессе (технология получения концентрата растительного белка из подсолнечного шрота, разработанная европейской фирмой «Альфа Лаваль») [12,10,14].

Одним из основных направлений использования растительного белка сегодня считается применение его для отечественного мясного рынка. Растительный белок позволяет произвести равноценную замену недостающего дорогостоящего мясного сырья, улучшить качественные характеристики готовой продукции, снизить себестоимость вырабатываемых продуктов питания, обогатить мясные продукты необходимыми для человека пищевыми нутриентами (пищевые волокна, витамины и т. д.) [8].

В настоящее время актуальной проблемой в пищевой промышленности является замена белковых изолятов, полученных из генетически модифицированных источников сырья. Ведутся активные поиски новых источников растительного белка из генетически немодифицированных культур.

За последние пять лет на отечественном рынке появились новые виды растительных изолятов, которые отвечают всем технологическим требованиям. К ним относятся: пшеничный белок, льняной белок, гороховый белок.

Указанные изоляты имеют высокое содержание белка, хорошие водосвязывающие и эмульгирующие свойства; а также имеют невысокую себестоимость. Например, в отличие от соевого изолята, белки пшеницы и гороха не образуют геля, они участвуют в процессе структурообразования непосредственно в мясных системах [7].

Пшеничные и гороховые белки активно применяют в мясной, рыбной, молочной, масложировой и кондитерской промышленности.

Современными исследованиями установлено, что белковый изолят льна может рассматриваться в качестве сырья, регулирующего пищевую ценность, консистенцию и органолептические свойства пищевых продуктов специализированного назначения. Льняной шрот превосходит по количеству содержащегося белка и одновременному отсутствию вредных веществ другие источники растительного белка. Отсутствие запаха и вредных веществ избавляет технологию его переработки от технологических стадий обезвреживания и дезодорации [6]. Большинство способов выделения белков из шрота льна достаточно эффективны и позволяют извлечь более 50 % белка от его количества в сухом льняном шроте. Технологический процесс получения целевого продукта отличается простотой технологических решений и операций, дешевизной исходного сырья, отсутствием токсических и опасных веществ, экономически выгоден.

Заключение

Растительный белок льна в России сегодня применяется пока как пищевая добавка в диетическом питании человека. Тогда как количественный и качественный состав белков льна свидетельствует о перспективности их применения в качестве источника белка для повышения биологической ценности продуктов питания. Необходимы такие

технологические решения, которые позволят создать последовательную безотходную переработку и использования семян льна, когда вторичные продукты одной стадии становятся сырьем следующей.

Список литературы

1. Антипова Л. В., Аникеева Н. В. Исследование фракционного состава белков нута в аспекте получения белкового изолята // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – № 5. – С. 13-14.
2. Баурин Д. В. Исследование процесса биологической конверсии вторичных продуктов переработки семян подсолнечника // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2012. – Т. 26, №10 (139). – С. 59-62.
3. Биохимия: учеб. для вузов / под ред. Е. С. Северина. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 779 с.
4. Воронова Н. С. Исследование белков семян льна как полноценных и необходимых для здоровья человека / Н. С. Воронова, Л. С. Бередина // *Молодой ученый*. – 2015. – № 14. – С. 144-147.
5. Воронова, Н. С. Совершенствование технологии получения белковых изолятов из подсолнечного жмыха и их использование для повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2011. – 133 с.
6. Кудинов, П.И. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка / П. И. Кудинов, Т. В. Щеколдина, А. С. Слизькая // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2012. – № 4. – С. 124 –130.
7. Нестеренко, А. А. Инновационные технологии в производстве колбасной продукции / А. А. Нестеренко, А. М. Патиева, Н. М. Ильина. – Саарбрюккен: PalmariumAcademicPudlishing, 2014. – 165 с.
8. О качественных показателях пищевого белка подсолнечника / В. Г. Щербаков, Л. М. Горшкова, Н. П. Коваленко и др. // *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. – 1976. – № 1. – С. 154.
9. Патент № 2233097. Способ получения белкового изолята из содержащего белок вещества / Ноймюллер Вальдемар (Дания). – Заявл. 23.02.2000; опубл. 27.07.2004. Бюл № 23.
10. Патент № 2314705. Непрерывный способ получения белкового изолята из семян масличных культур / Баркер Лэрри Д., Грин Brent Эверетт, Лей Ксу (Канада). – Заявл. 20.11.2002; опубл. 10.05.2005. Бюл № 13. 1.

11. Получение белковых продуктов из нетрадиционных источников и перспективы их использования / В. И. Манжесов, С. Ю. Чурикова, Е. Е. Курчаева и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-2. – С. 316-317.
12. Разработка основ комплексной конверсии шрота подсолнечника /Д. В. Баурин, М. Г. Гордиенко, Б. А. Кареткин, и др. // Естественные и технические науки. – 2014. – № 8. – С. 33-35.
13. Смагина, А. В., Сытова М. В. Анализ использования соевого белка в пищевой промышленности / А. В. Смагина, М. В. Сытова / Научные труды Дальрыбвтуза. – 2011. – Т. 23. – С. 73-78.
14. Технология получения концентрата растительного белка из подсолнечного шрота [Электронный ресурс] // Фирма Альфа Лаваль. URL: <http://local.alfalaval.com> (дата обращения 12.02.2014).
15. Химия белка / И. П. Ашмарин, А. А. Мюльберг, Н. В. Садикова и др. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1968. – Т. 1. – 196 с.
16. Хоанг Тхи Минь Нгуэт. Исследование процесса получения продуктов белковой и углеводной природы из белого лепестка сои <http://> [Электронный ресурс] . – Режим доступа: tekhnosfera.com/intensifikatsiya-tehnologicheskikh-protsesov-sovmeschennyh-s-dispergированиem-v-rotornyh-apparatah#ixzz3wvWnhqBF(дата обращения 12.02.2014).
17. Чичева-Филатова Л. В. Роль сои в производстве белоксодержащих продуктов. – М.: Пищепромиздат, 2004. – 104 с.
18. Щеколдина Т. В., Кудинов П. И., Бочкова Л. К., Чалова И. А. Получение белкового изолята из подсолнечного шрота // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – № 1. – С. 19-20.
19. Щербаков, В. Г. Производство белковых продуктов из масличных семян / В. Г. Щербаков, С. Б. Иваницкий. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
20. Щербакова Е. В. Теоретическое и экспериментальное обоснование и разработка ресурсосберегающей технологии переработки масличных семян с использованием биотехнологических методов: дис. ... д-ра техн. наук. – Краснодар, 2006. – 409 с.