635490

М. Ш. Бегеулов

ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН СОИ

ДЕЛИ ПРИНТ

М. Ш. Бегеулов

Основы переработки семян сои

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по агрономическим специальностям 311200 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА
имени К.А.Тимирязева
Центральная Научная Библиотека
имени Н.И.Железнова
Фонд научной литературы № 635490

Москва
ДеЛи принт
2006

УДК 664.6/.7
ББК 36.82
Б37

Рецензенты:
профессор ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина, доктор техн. наук
Н. И. Малин
профессор ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, доктор с.-х. наук
Г. С. Посыпанов

Бегеулов М. Ш.

Б37 Основы переработки семян сои. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 181 с.
ISBN 5-94343-108-X

В учебном пособии кратко освещены современное состояние и перспективы развития переработки соевых семян в РФ и мире, охарактеризованы химический состав и требования, предъявляемые к семенам сои, приведены главные направления использования семян сои и особенности технологического и аппаратурного обеспечения основных этапов переработки сои с целью получения функциональных продуктов, продуктов питания и комбикормов. В книгу включены лабораторные работы, выполнение которых позволит на практике овладеть методами анализа качества продуктов переработки соевых семян и производства соевых продуктов в лабораторных условиях. Пособие содержит информацию, которая необходима в соответствии с учебной программой в процессе обучения студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений при подготовке студентов по специальности 311200 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (специализация «Переработка продукции растениеводства»).

Учебное пособие может быть использовано при подготовке специалистов в системе пищевых вузов, а также представлять определенный интерес для практикующих специалистов.

УДК 664.6/.7
ББК 36.82

© Бегеулов М.Ш., 2006
© Оформление. ДеЛи принт, 2006

ISBN 5-94343-108-X

Глава 1

Общие сведения

В связи со значительным ростом народонаселения мира в настоящее время проблема обеспечения человечества продовольствием остается весьма актуальной. В странах с низким уровнем развития экономики значительные слои населения по-прежнему страдают от дефицита белка в рационе питания. В развитых государствах мира в последнее время большое внимание уделяется проблемам здорового и лечебно-профилактического питания. Вследствие этого во многих регионах все большее внимание обращают на продукты переработки соевых семян. В США, Канаде, странах ЕС, Китае, Японии, Корее соя находит широкое применение в пищевой промышленности.

История возделывания сои, по некоторым данным, началась за 3–4 тыс. лет до н. э. в Юго-Восточной Азии, где ее семена издавна употребляют в пищу (растительный пищевой белок и масло). В настоящее время в этом регионе соевые семена широко используют в вареном и консервированном виде, для приготовления муки, соевых напитков, творога и сыра, масла. В мировом земледелии эта ценная пищевая, кормовая и техническая культура среди зернобобовых культур занимает первое место по площади посева. Из урожая соевых семян можно получить белка больше, чем из равноценного урожая любой другой культуры. Белок сои, как известно, по качеству наиболее близок к животным белкам. Соевые продукты позволяют решить проблему дефицита целого ряда компонентов питания. Уникальный химический состав соевых семян способствует широкому использованию сои в питании населения разных стран мира. В семенах сои содержится около 40% высококачественного белка, более 20% жира высокой ценности, большое количество пищевых волокон, биологически активные вещества, витамины (в т. ч. антиоксидантные витамины), различные минеральные вещества. Биоусвояемость микроэлементов соевых продуктов выше, чем у других продуктов питания. Широкое использование продуктов переработки сои в пищевых целях предупреждает развитие сердечно-сосудистых заболеваний, атеросклероза, иммунодефицитных состояний, дисбактериоза, аллергических болезней, ожирения, диабета, болезни почек, остеопороза, желчнокаменной болезни, онкологических заболеваний и др. Потребление 25 г соевого белка в день значительно снижает уровень холестерина в крови. В сое содержатся антиканцерогены, в т. ч. изофлавоны (генестеин и даидзеин), являющиеся фитоэстрогенами, действие которых обусловлено свойственным им антиокислительным эффектом (потенциальное превентивное антиканцерогенное действие). Антиканцерогенные свойства связывают с

предотвращением окислительных разрушений, влиянием на стероидные гормоны, что блокирует развитие злокачественных опухолей. Регулярное потребление соевых продуктов позволяет уменьшить деминерализацию костной ткани в организме и препятствует развитию остеопороза. Соевое масло содержит ненасыщенные жирные кислоты, в частности относящиеся к омега-3 жирным кислотам, которые предотвращают развитие онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. Введение соевых белков в пищевые продукты позволяет сделать питание человека более рациональным и здоровым.

Объективности ради, надо сказать и о недостатках сои, отрицательное влияние которых на человеческий организм в большинстве случаев удается нивелировать при помощи современных технологий переработки и методов контроля качества растительного сырья. Так, по данным некоторых ученых, растительные гидролизованные протеины могут вызывать ухудшение мозговой деятельности и нервной системы детей, что связывают с утратой активности некоторых аминокислот и появлением вредных микробиальных метаболитов в результате гидролиза протеинов. Кроме того, соя способна активно накапливать радиоактивный стронций, который относится к наиболее опасным радионуклидам. Имеются данные о том, что соя, выращенная в регионах с повышенной радиоактивностью, содержит функционально измененные белки. Соя содержит также ингибиторы протеолитических ферментов, которые связывают пищеварительные ферменты трипсин и химотрипсин с образованием неактивных комплексов, препятствующих усвоению белков пищевых продуктов. С целью разрушения соевых ингибиторов трипсина и других антипитательных веществ необходимо проводить их термоинактивацию. Однако при длительном кипячении семян сои происходит потеря незаменимых аминокислот и снижение усвояемости белка. Появление негативных эффектов после длительного несбалансированного употребления продуктов из сои в качестве источника аминокислот может быть связано, кроме того, и с тем, что соя не содержит в достаточных количествах отдельные незаменимые аминокислоты (например, серосодержащую аминокислоту – метионин). Некоторые ученые полагают, что регулярное употребление продуктов переработки сои может при определенных условиях приводить к гормональным расстройствам у мужских особей животных в связи с содержащимися в семенах этой культуры эстрогеноподобными веществами.

Тем не менее, грамотное, сбалансированное введение в пищевые рационы соевых продуктов, полученных с использованием современных технологий переработки, тщательная оценка их качества и безопасности, научное обоснование целесообразности добавления продуктов переработки сои к определенным пищевым продуктам сохраняет возможности широкого использования сои в качестве растительного бел-

кового сырья, так как аминокислотный пул соевого белка является наиболее совершенным из всех источников растительного белка, а усвояемость соевых белковых продуктов (84–96%) почти такая же, как и животных белков, содержащихся в мясе, рыбе, молоке и яйцах. Соевые продукты могут являться хорошим источником альтернативного питания при аллергии и врожденной непереносимости человеком других белков (белков молока, белков зерновых культур). По данным Института питания РАМН, соевые белковые продукты:

- по содержанию незаменимых аминокислот позволяют в достаточной степени удовлетворить потребность в них различных возрастных групп населения в соответствии с рекомендациями ФАО/ВОЗ при строгом соблюдении адекватного уровня потребления белка и энергии в сутки;
- не содержат холестерина и обладают способностью снижать уровень сывороточных липидов у людей, больных атеросклерозом, желчнокаменной болезнью, сахарным диабетом, эндокринными расстройствами при гинекологических заболеваниях и др.;
- способны эффективно улучшить качество суммарного пищевого белка в рационе при использовании в комбинации с малоценными растительными продуктами из злаковых, круп, овощей и т. д.;
- имеют высокую влагосвязывающую способность и обеспечивают стабильную эмульсионную или гелеобразную форму пищевых продуктов, что ценно в лечебном питании больных желудочно-кишечными заболеваниями, нуждающихся в максимально щадящих свойствах диетических блюд;
- как источник железа не уступают по его усвояемости высокоценным белкам животного происхождения и значительно превосходят другие виды растительных белков;
- служат источником пищевой клетчатки, имеющей самостоятельную лечебно-физиологическую функцию по воздействию на моторику и микрофлору кишечника.

Как видно, соя – не только идеальный источник полноценного белка, но и эффективное средство в лечебно-профилактическом питании. Сою широко используют в кондитерской, молочной, хлебопекарной отраслях пищевой промышленности, при производстве мясных изделий. Велика роль сои как ценного корма в животноводстве и птицеводстве. До 85% производимых в мире соевых семян перерабатывается на корма. В ряде развитых странах мира соя возделывается в основном как масличная культура, т. е. основную массу семян перерабатывают на масло, а жмых и шрот идет на корм скоту. В 1 кг шрота в среднем содержится около 1,2 кормовой единицы и 360 г переваримого протеина. Из тонны соевых семян получают приблизительно 800–850 кг соевого шрота, кото-

рый может служить основным компонентом комбикормов, и 110–180 кг пищевого растительного масла. Семена сои по общему содержанию питательных веществ богаче зерна злаковых культур, а по количественному и качественному составу аминокислот они значительно превосходят все другие кормовые культуры, что обеспечивает хорошую переваримость кормов на соевой основе и их эффективность при скармливании. При грамотном, научно-обоснованном использовании соевых добавок к кормам отмечается увеличение надоев молока с повышением его жирности, увеличение прироста КРС и свиней на 30–50%, улучшение качества мяса, шерсти, повышение яйценоскости птицы.

Среди важнейших масличных культур соя по объему производства занимает первое место в мире. Однако, по данным Госкомстата, из общего объема семян масличных культур, реализуемых сельхозпредприятиями Российской Федерации, подавляющий удельный вес приходится на семена подсолнечника. При этом, во всем мире в ряду масличных культур из сои производится около 1/3 растительного масла, а из семян подсолнечника – немного более 1/10. Кроме того, соевые продукты могут использоваться и для изготовления многих видов промышленной продукции (искусственная шерсть, пластмассы, клей, чернила, лаки, краски, мыла, дизельное топливо, лецитин).

В связи с вышесказанным в 90-е годы прошлого столетия в мире наблюдалось постепенное увеличение посевных площадей сои. Максимальные площади под сою сосредоточены в США (более 1/3 от площади посевов в мире), Бразилии, Аргентине, Китае и Индии. Площади посевов сои в России составляют в среднем около 1% от общей площади посевов сои в мире. Рост производства сои в мире связан не только с расширением площади посевов, но и с увеличением урожайности этой культуры практически во всех ведущих странах-производителях. По объемам производства сои лидируют США и Бразилия (около 1/2 и 1/5 от валового сбора сои в мире). В Российской Федерации максимальные площади посевов сои были традиционно расположены в Дальневосточном регионе: Амурской области, Приморском и Хабаровском краях, Еврейской АО.

Несмотря на то, что соя довольно теплолюбивая и влаголюбивая культура, она обладает высокой адаптационной способностью и может обеспечивать хорошие показатели продуктивности и качества как в тропических странах (Индия, Индонезия, Бразилия и др.), так и в странах с умеренным климатом (Франция, Канада, Польша и др.). Ведутся небезуспешные опыты выращивания сои в северных районах Германии, Дании, Швейцарии и Великобритании. Имеются данные о неплохих результатах возделывания сои в условиях Европейской части РФ (в т. ч. даже в условиях центрального района нечерноземной зоны). Необходимость увеличения производства семян сои в Российской Федера-

ции для нужд пищевой и комбикормовой промышленности, важное агротехническое значение культуры в современном аграрном производстве определяет актуальность дальнейшего исследования возможностей стабильного возделывания этой культуры с высокими показателями продуктивности и качества в регионах России. Совершенствование технологии возделывания сои и целенаправленная селекция позволяют эффективно возделывать культуру с применением почвозащитных и энергосберегающих технологий в различных районах нашей страны. Соя, как известно, являясь бобовой культурой, обогащает почву азотом, улучшает ее структуру, что позволяет резко снизить затраты на применение минеральных азотных удобрений. Азот сои не загрязняет окружающую среду, легко усваивается растениями. Соя – ценнейший предшественник для многих сельскохозяйственных культур. Повышение урожайности зерновых культур после сои может быть весьма существенным. Высокая степень адаптивности к различным почвенно-климатическим условиям обусловливает возможность возделывания раннеспелых сортов сои на значительных территориях с умеренным климатом. В настоящее время производство сои в России, по данным специалистов ассоциации «Ассоя», нередко рассредоточено по многочисленным хозяйствам, что препятствует освоению оптимальных севооборотов, приводит к нарушению агротехники, снижает товарность производства. Размещение посевов не связано с потенциальными зонами переработки и использования культуры, что зачастую приводит к значительным транспортным расходам. К примеру, сою, выращиваемую на Дальнем Востоке, перевозить в европейские регионы страны, где проживает большая часть населения, нецелесообразно из-за высокой стоимости перевозки. Увеличению производства сои в России, повышению урожайности, более эффективной переработке и использованию может способствовать расширение ее посевов в компактных зонах, прежде всего, в европейской части страны путем создания специализированных семеноводческих и товарных хозяйств. Одновременно с увеличением объемов производства в этом регионе необходимо более эффективно решать вопросы развития перерабатывающей промышленности и элеваторно-складского хозяйства. Проведенные научные исследования и широкая производственная практика подтверждают, что в европейской части России сою можно выращивать на площади не менее 5 млн. га, собирая около 10 млн. т зерна при высокой экономической эффективности производства. Такие объемы позволят решить проблему получения достаточных количеств растительного сырья для промышленного производства концентрированных белковых продуктов с целью перспективного увеличения ресурсов продовольствия и кормов, совершенствования структуры питания населения. Проблема обеспечения пищевой промышленности России продуктами переработки сои, как

считают специалисты ВНИИ жиров, имеет большое значение в поддержании продовольственной безопасности страны. Значительная емкость и низкая насыщенность российского рынка делает возможным эффективное развитие отечественной индустрии по производству и переработке сои в долгосрочной перспективе.

Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества и недостатки широкого использования семян сои в качестве сырья для пищевой промышленности?
2. Почему соевые продукты находят применение при составлении рационов лечебного и профилактического питания?
3. Кратко охарактеризуйте современное состояние производства соевых семян в РФ и мире.
4. Каковы перспективы развития предприятий по выращиванию и переработке соевых семян?

Глава 2

Химический состав семян сои и требования, предъявляемые к ним

Соя выделяется уникальным для растений сочетанием масличности и белковости с наличием ценных витаминов и зольных элементов. В семенах сои содержится от 24 до 47% протеина, 16–25% жира, 20–32% углеводов; жир и протеин в сумме составляет 50–60% массы семян. Достаточно много содержится в сое клетчатки (средневзвешенное содержание – 4,3%), минеральных веществ (в т. ч. кальций, фосфор и др.), фосфатидов, а также витаминов (Е, B_1, B_2, B_6, пантотеновая кислота, ниацин, холин, фолиевая кислота, биотин). Соевые семена содержат 9–12% общих сахаров, из которых 4–5% составляет сахароза, 1–2% раффиноза и 3,5–4,5% – стахиоза. В целом химический состав семян сои отличается в лучшую сторону в сравнении с другими широко распространенными высокобелковыми пищевыми продуктами (табл. 2.1.).

Высока ценность сои как сырья для пищевой промышленности в связи с повышенным содержанием **биологически активных компонентов** (клетчатка, кальций, железо, цинк, магний и др.). Питательные качества белков сои определяются в основном такими факторами как высокая усвояемость и достаточно полноценный состав **незаменимых аминокислот**. По фракционному составу белковый комплекс сои представлен высоким (до 50%) уровнем содержания водорастворимых **альбуминов** и солерастворимых **глобулинов**, наиболее хорошо усвояемых организмом человека. По имеющимся данным, в 100 г белка соевых семян содержится в среднем 6,5 г лизина, 1,3 г – метионина и цистина, 4,6 г – треонина, 8,5 г – лейцина, 5,2 г – изолейцина, 5,2 г – фенилаланина и тирозина, 5,6 г – валина, 0,8 г – триптофана. Соевые белки по аминокислотному составу, практически не уступая белкам мяса, содержат лишь немного меньше в сравнении с последними метионина, цистина и лизина, т. е. могут быть отнесены к наиболее ценным белкам растительного происхождения. Кроме того, жир, содержащийся в сое, на 75–86% состоит из ненасыщенных жирных кислот, необходимых для нормального функционирования человеческого организма.

Как известно, жирные кислоты, входящие в состав жиров, делятся на две группы: **насыщенные**, т. е. не содержащие двойных связей (пальмитиновая, стеариновая, бегеновая и др.), и **ненасыщенные** – непредельные, которые содержат двойные связи (олеиновая, линолевая, линоленовая и др.). В подавляющем большинстве случаев растительные жиры бывают жидкими при обыкновенной температуре именно вследствие высокого содержания непредельных жирных кислот. Наиболее

эффективными функциональными ингредиентами группы полиненасыщенных жирных кислот являются ненасыщенные жирные кислоты с расположением первой двойной связи, считая от CH_3-группы, между третьим и четвертым углеродными атомами – **омега-3 жирные кислоты** (линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая). На долю линолевой кислоты в соевом масле приходится около 50% массы жирных кислот, линоленовой – около 7%. Ненасыщенные жирные кислоты участвуют в расщеплении липопротеинов низкой плотности, холестерина, предотвращают агрегацию кровяных тел и образование тромбов, снимают воспалительные процессы и могут способствовать профилактике целого ряда заболеваний (гипертония, аритмия, атеросклероз, язвенные колиты, рак, диабет, ожирение, тромбозы, ревматоидный артрит и др.).

Полиненасыщенные жирные кислоты весьма легко окисляются, однако в соевом масле они защищены от окисления и прогоркания содержащимися в нем **токоферолами** (0,15–0,21%). Соевое масло является не только хорошим источником усвояемых эссенциальных (незаменимых, не способных образовываться в процессе обмена веществ в живом организме) жирных кислот (линолевая и линоленовая), но и источником токоферолов, наиболее известные из которых обозначаются как витамин Е. Витамин Е – смесь высокомолекулярных циклических спиртов, получивших название α-, β-, γ-, δ-токоферолов. Наиболее физиологически активным компонентом является α-токоферол. Жирорастворимый витамин Е выполняет не только витаминную, но и антиоксидантную функцию, повышает иммунный статус организма, препятствует развитию химических и радиационных поражений, положительно влияет на функции половых желез, применяется для профилактики ишемической болезни сердца. Недостаток витамина Е в кормах приводит к нарушению половых функций животных. Токоферолы регулируют интенсивность свободно-радикальных реакций в живых клетках, влияют на биосинтез ферментов.

Содержащиеся в сое **фосфатиды** так же, как и жиры, являются глицеридами (т. е. сложными эфирами глицерина и жирных кислот). От настоящих жиров они отличаются тем, что содержат фосфорную кислоту и связанное с ней азотистое основание (например, холин – производное гидрата окиси аммония NH_4OH, в котором три водородных атома заменены метильными группами – CH_3, а четвертый – остатком этилового спирта). Фосфатиды, состоящие из остатков глицерина, жирных кислот, фосфорной кислоты и **холина**, называются **лецитинами**. Лецитин является важной составляющей частью клеточных мембран, обеспечивающей бесперебойную подачу питательных веществ к отдельным клеткам тела и отвод из них шлаков. Холин (витаминоподобное соединение, витамин B_4) служит источником образования ацетилхолина, необходимого для нормального функционирования нервной и иммунной систем. Соевые семена отличаются большим содержанием

фосфатидов (около 2%), что определяет возможность производства больших количеств лецитина для промышленных нужд. Фосфатиды, особенно лецитин, широко применяют в пищевой промышленности при изготовлении маргарина, шоколада, в качестве эмульгаторов и веществ, предохраняющих от окисления и прогоркания.

2.1. Средневзвешенный химический состав сои и других пищевых продуктов (М. Н. Волгарев, И. М. Скурихин, 1987, 1994 г.)

Показатель	Соевые семена	Фасоль	Творог нежирный	Говядина 2 категории	Яйцо куриное	Суточная потребность
Белок, %	34,9	21,0	18,0	20,0	12,7	70–90 г
Общее количество аминокислот, %	34,36	20,59	17,95	19,94	12,60	
незаменимые аминокислоты	12,67	8,02	7,68	7,70	5,24	
заменимые аминокислоты	21,67	12,57	10,27	12,24	7,35	
Жиры, %	17,3	2,0	0,6	9,8	11,5	80–100 г
Витамины:	мг на 100 г					мг
E	17,3	3,8	–	–	2,0	12–15
B_6	0,9	0,9	0,2	0,4	0,1	1,8–2,0
PP	2,2	2,1	0,5	5,0	0,2	15–25
B_2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	1,3–2,4
B_1	0,9	0,5	0,04	0,07	0,07	1,5–2,5
B_9 (фолацин)	0,2	0,1	0,04	0,01	0,007	0,2
Минеральные вещества:	мг на 100 г					мг
калий	1607	1100	117	355	140	2500–5000
кальций	348	150	120	10	55	800–1100
магний	226	103	24	25	12	300–500
фосфор	603	480	189	200	192	900–1500
железо	15,0	5,9	0,3	2,9	2,5	10–18
кобальт	0,03	0,02	0,002	0,007	0,01	0,1–0,2
марганец	2,8	1,34	0,008	0,035	0,03	5–10
медь	0,5	0,58	0,06	0,2	0,083	2
фтор	0,12	0,044	–	0,063	0,055	0,5–1

Несмотря на высокие пищевые и лечебно-профилактические достоинства соевых семян, они из-за неприятного вяжущего вкуса и специфического запаха мало пригодны для непосредственного использования в пищу. Шрот и мука, получаемые из сырой сои, плохо хранятся и быстро приобретают привкус горечи, т. е. испорченного жира. Это зависит

от находящихся в сырой сое одорирующих веществ и комплекса ферментов, создающих условия для накопления различных соединений и гидролиза жиров с образованием неприятных на вкус и запах продуктов. Питательная ценность необработанных семян сои и других бобовых культур резко понижена (сырые семена бобовых содержат лишь 15–20% усвояемого белка) из-за содержания в них антиалиментарных соединений белковой природы. Среди таких веществ, прежде всего, необходимо выделить **ингибиторы протеаз** желудочно-кишечного тракта (трипсина и химотрипсина) и **лектины**.

В настоящее время известно несколько ингибиторов трипсина, содержащихся в семенах сои в количестве 5–10% от общего содержания белка. Трипсин, как известно, представляет собой сериновую протеиназу, содержащуюся в числе других ферментов в соке, выделяемом поджелудочной железой, и гидролизующим белки и пептиды до составляющих аминокислот, которые усваиваются организмом и используются для биосинтеза тканевых белков. Химотрипсин – протеолитический фермент, предпочтительно гидролизующий пептидные связи, секретируемый поджелудочной железой в тонкий кишечник в виде неактивного предшественника (химтрипсиногена), активируемого под действием трипсина.

В сырых семенах сои содержание наиболее хорошо изученных ингибиторов протеаз – **ингибиторов Кунитца** и **Баумана-Бирка** – составляет 1,4 и 0,6% соответственно. До 90% общей активности ингибиторов приходится на долю водорастворимого ингибитора Кунитца, молекула которого состоит из 181 аминокислотного остатка и содержит две дисульфидные связи (молекулярная масса 20100 Да). Спирторастворимый ингибитор Баумана-Бирка способен снижать активность не только трипсина, но и химотрипсина, обладая высокой устойчивостью к воздействию высокой температуры, щелочей и кислот. С одной молекулой ингибитора Баумана-Бирка, которая состоит из 71 аминокислотного остатка (молекулярная масса – примерно 8000 Да), могут связываться молекулы обоих ферментов. Рассматриваемые ингибиторы образуют с ферментами устойчивые соединения–комплексы, в составе которых пищеварительные ферменты полностью лишены каталитической активности, что, к примеру, приводит у животных к гипертрофии поджелудочной железы вследствие необходимости выделения большого количества пищеварительных ферментов, задержке роста, к аномально большой нехватке серосодержащих аминокислот (т. к. указанные выше ферменты имеют в своей основе высокий процент серосодержащих аминокислот). В РФ в соответствии с «Гигиеническими требованиями безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» допустимый уровень содержания олигосахаридов и ингибитора трипсина для соевых белковых продуктов диетического и детского питания – не более 2 и 0,5% соответственно.

Кроме трипсиновых ингибиторов, в сое содержатся **гемагглютенины (лектины)** в количестве 1–3%, имеющие менее выраженное отрицательное влияние на питательную ценность. Лектины относятся к гликопротеинам растительного происхождения и связывают один или несколько специфических сахаров. Это белки, которые оказывают склеивающее действие и выпадение в осадок эритроцитов крови у кроликов и некоторых других сельскохозяйственных животных. Они действуют, объединяясь с определенным типом клеток, покрывающих стенки кишечника, вызывая этим нарушение абсорбции питательных веществ и задержку роста животных, повышая проницаемость слизистой кишечника для бактериальных токсинов и продуктов гниения.

Сапонины, содержащиеся в сое, придают семенам горьковатый вкус и отрицательно воздействуют на красные кровяные тельца: склеивают эритроциты, при введении в кровь могут вызывать растворение красных кровяных телец. Сапонины представляют собой гликозиды с агликонами, являющимися производными циклопентанопергидрофенантрена (сапогенины). В гликозидах молекула моносахарида соединяется за счет своего гидрокисла с каким-либо спиртом неуглеводной природы. Соединенная с сахаром часть молекулы гликозида носит название агликона. Гликозиды играют важную роль в пищевой промышленности, часто обладают горьким вкусом или специфическим ароматом (амигдалин, глюкованилин, синигрин и др.). Сапонины – аморфные, хорошо растворимые в воде ядовитые вещества, дающие сильно пенящиеся растворы. Наличием сапонина объясняется, к примеру, ядовитость семян куколя. Сапонины не содержат азота и при гидролизе, кроме агликона, дают глюкозу, галактозу, арабинозу и метилпентозы. Так как содержание сапонинов в сое невысоко (около 0,5%), их роль как антипитательного фактора незначительна (могут представлять опасность для молодняка животных).

Характерная особенность семян сои – это наличие в их белковом составе ферментов **уреазы** и **липоксидазы**. Уреаза относится к амидазам – группе гидролитических ферментов, входящих в класс гидролаз, катализирующих при участии воды расщепление различных сложных органических соединений на более простые (гидролиз). Доля уреазы может составлять до 12% от всех белков сои. Действие этого фермента заключается в разложении азотистого небелкового соединения – мочевины – на аммиак и двуокись углерода. Установлено, что активность уреазы (измеренная по изменению величины pH) хорошо коррелирует с содержанием трипсинового ингибитора сои, что легло в основу стандартного метода определения количества ингибиторов в сое. Нежелательно присутствие в соевых продуктах и активной липоксидазы (липоксигеназы), так как под ее воздействием начинаются процессы окислительной порчи, сопровождающиеся деструкцией каротиноидов, линолевой кислоты и др. Оптимум действия липоксигеназы сои находится при pH 9,0 и температуре 20–30 °С. Липоксигеназа, полученная в кристаллическом состоянии из семян сои,

имеет молекулярную массу 102000 Да. Липоксигеназа относится к классу оксидоредуктаз, катализирующих окислительно-восстановительные реакции, и представляет собой глобулин, не содержащий железа и меди. Липоксигеназа – фермент, который катализирует окисление полиненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот (линолевой, линоленовой) кислородом воздуха с образованием высокотоксичных перекисей. При этом возможно образование и циклических гидроперекисей. Основное количество жирных кислот превращается в гидроперекиси, обладающие сильными окислительными свойствами, что определяет использование липоксигеназы в пищевой промышленности (отбеливание пшеничной муки, стабилизация структуры теста хлебобулочных изделий).

Некоторые виды белковых продуктов из сои, например, энзиматически активная соевая мука, используются в пищевой промышленности с целью интенсификации процессов хлебопечения, благодаря содержащемуся в них в достаточном количестве активному **ферменту – β-амилазе**, относящемуся к классу гидролитических. β-Амилаза отщепляет мальтозу от нередуцирующего конца цепи, разрывая гликозидные связи через одну. При воздействии на крахмал β-амилазы образуется главным образам мальтоза и незначительное количество высокомолекулярных декстринов. β-Амилаза устойчива в кислой среде, сохраняя свою активность при pH 3,3, менее термостабильна, чем α-амилаза. Соевая β-амилаза долго сохраняет активность на ранних стадиях приготовления пшеничного хлеба, способствуя интенсификации процесса газообразования в тесте и улучшению качества хлеба. Соевая β-амилаза более термостабильна, чем пшеничная и ячменная.

В семенах сои в незначительных количествах содержится **фитиновая кислота**, представляющая собой полифенольное соединение. При поступлении больших количеств фитиновой кислоты с растительной пищей наблюдается неполное всасывание и усвоение организмом многих макро- и микроэлементов (в т. ч. кальция, магния, железа, цинка, молибдена, марганца, меди), что можно объяснить легким взаимодействием белково-фитинокислотных комплексов с ионами указанных металлов.

Кроме того, наличие в сое, как и во всех бобовых (горох, нут, чечевица), углеводов, относящихся к группе **олигосахаридов** (в основном стахиоза и раффиноза), вызывает «метеоризм», т. е. образование и скопление в пищеварительном тракте газов, таких как сероводород и метан. Присутствующая в соевых семенах **раффиноза** ($C_{18}H_{32}O_{16}$) – это трисахарид, содержащий остатки фруктозы, глюкозы и галактозы. **Стахиоза** представляет собой тетрасахарид, состоящий из двух остатков α-галактозы, одного остатка α-глюкозы и одного β-фруктозы. Раффиноза и стахиоза эффективно не расщепляются в организме человека или моногастричных животных (например, свиней, кроликов, птицы и др.), т. к. у

них отсутствует фермент (альфа-галактозидаза), способный гидролизовать галактозидные связи указанных олигосахаридов с образованием простых сахаров. Попадая в кишечный тракт в исходном виде, олигосахариды подвергаются воздействию бактерий, а образующиеся метаболиты вызывают газообразование. Термически необработанные соевые семена оказывают пагубный эффект на моногастричных животных, сказывающийся в слабом росте и плохой утилизации корма. Однако некоторыми исследованиями было установлено, что неперевариваемые растворимые олигосахариды соевых семян при определенном уровне их потребления могут быть и полезными, улучшая состояние микрофлоры кишечника человека. Олигосахариды сои могут способствовать увеличению числа бифидобактерий, лактобацилл и уменьшению количества потенциально патогенных энтеробактерий.

Сырые соевые семена способны вызвать аллергию у человека, в особенности у маленьких детей, а также содержат специфические агенты, которые блокируют утилизацию тироксина, выделяемого щитовидной железой. Воздействие на эндокринную систему некоторых сельскохозяйственных животных, выражающееся, в частности, в увеличении щитовидной железы, могут оказывать содержащиеся в сое гликозиды, принадлежащие к группе **изофлавонов** (например, генистин). Наряду с этим изофлавоны сои обладают разносторонним и сильнодействующим фармацевтическим действием, связанным с их эстрогеноподобием и способностью оказывать либо проэстрогенное, либо антиэстрогенное действие, в зависимости от соотношения различных эстрогенов в организме человека. Важную роль в организме человека эстроген играет как половой гормон и как соединение, стимулирующее рост или деление клеток. Изофлавоны являются эффективными антиоксидантами и адаптогенами, могут препятствовать развитию остеопороза, атеросклероза, могут сдерживать рост сосудов, что является важным противоопухолевым фактором.

При заготовках и подготовке семян сои к переработке важно учитывать обязательные требования ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках», направленные на обеспечение ее безопасности для жизни и здоровья населения при использовании в пищевых целях. Так, в соответствии с ГОСТ по ограничительным нормам в заготовляемых семенах сои должно содержаться сорной и масличной примеси (суммарно) не более 15%, в т. ч. сорной примеси – не более 5%, в числе сорной примеси дурнишника – не более 3%, в числе масличной примеси морозобойных семян сои – не более 10%, наличие семян клещевины не допускается, как и зараженность вредителями, кроме зараженности клещом не выше 2 степени. По ограничительным нормам для предназначенных к переработке семян сои (в отличие от отмеченного выше) содержание сорной примеси не должно превышать 3%, зараженность вредителями не допускается, кроме зараженности клещом 1 степени.

Заготовляемые и поставляемые семена сои должны быть в здоровом негреющемся состоянии, иметь форму, цвет и запах, свойственные нормальным семенам сои (без затхлого, плесневого и постороннего запахов). Содержание токсичных элементов (медь, мышьяк, кадмий, свинец, ртуть, цинк), микотоксинов (афлатоксин B_1) и пестицидов (изомеры гексахлорциклогексана; ДДТ и его метаболиты; ртутьорганические пестициды; 2,4-Д-кислота и ее соли, эфиры) в заготовляемых и поставляемых семенах сои не должно превышать допустимые уровни, установленные СанПиН 2.3.2. 1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

ГОСТ 17109-88 установлены следующие базисные нормы, в соответствии с которыми производятся расчеты за заготовляемые семена сои: влажность – 12%, сорная примесь – 2%, масличная примесь – 6%, зараженность вредителями – не допускается. Кроме указанных выше норм, рассматриваемым стандартом определены ограничительные нормы для заготовляемых и поставляемых семян сои по показателю влажности – не более 18 и 12% соответственно. По согласованию заготовительной организации и поставщика допускаются влажность и содержание сорной примеси в заготовляемых семенах сои более ограничительных норм при наличии возможности доведения показателей качества таких семян до кондиций, обеспечивающих их сохранность.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте химический состав соевых семян.
2. В чем заключается уникальность химического состава семян сои?
3. Охарактеризуйте аминокислотный состав соевых белков.
4. В чем заключается особенность жирнокислотного состава соевого масла?
5. Раскройте пищевое значение фосфатидов соевого масла.
6. Перечислите антипитательные вещества, содержащиеся в соевых семенах.
7. Каковы химическая природа и механизм действия ингибиторов трипсина, содержащихся в соевых семенах?
8. Охарактеризуйте действие сапонинов и лектинов семян сои на организм животных.
9. Приведите практические примеры неблагоприятного воздействия соевых ферментов уреазы и липоксидазы.
10. Почему в практике хлебопечения находит применение энзиматически активная соевая мука?
11. Как влияют олигосахариды соевых семян (раффиноза и стахиоза) на сельскохозяйственных животных?
12. Какие требования предъявляются к семенам сои при их заготовке и поставках?

Глава 3

Способы снижения активности антипитательных веществ соевых семян

Многие из перечисленных выше нежелательных природных веществ и компонентов, содержащихся в соевых семенах, являются термолабильными и разрушаются при термической обработке, которая необходима для полного усвоения белка всех бобовых культур. Термическая обработка весьма эффективна по отношению к ингибитору трипсина, активность которого снижается практически в такой же степени, как и активность уреазы. Поэтому в связи с данными анализа по уровню активности уреазы судят и об активности ингибитора трипсина. Полное разрушение высокотермостабильных ингибиторов трипсина может быть достигнуто при 20-минутном автоклавировании при 115 °С или кипячении соевых семян в течение 2–3 часов. Нагревание также частично инактивирует термолабильные гемагглютенины (лектины), гоитрогены*, антивитамины и фитаты. В ряде стран при использовании белковых продуктов из семян бобовых культур в хлебопечении, кондитерской и других отраслях пищевой промышленности особое внимание уделяется подтверждению отсутствия высокой активности как ингибиторов ферментов, так и лектинов. По сравнению с ингибиторами ферментов снижение активности лектинов может быть достигнуто при применении более мягких режимов обработки (нагревание при 80 °С). Термоденатурация в определенных пределах может увеличивать переваримость соевых белков, т. к. при этом может повышаться активность некоторых химических групп, облегчаться воздействие на белки протеолитических ферментов, т. е. гидролиз. Многие антипитательные вещества, отрицательно влияющие на качество семян сои, после инактивации положительно влияют на рационы питания, так как богаты незаменимыми аминокислотами.

Для сырой сои необходима обработка, которая приведет к дезодорации семян и значительному изменению химических и биологических комплексов, повышению пищевой ценности, освобождению от неприятно пахнущих и сдерживающих усвоение белков веществ. В качестве основного, самого простого и доступного метода разрушения антипитательных веществ, содержащихся в сырых семенах сои, давно уже используется тепловая обработка, заключающаяся в нагревании семян в течение определенного промежутка времени с использованием в некоторых случаях дополнительного увлажнения, как правило, в виде пара. С целью повышения эффективности теплового воздействия большое

---

* Зобогены, соевые изофлавоны – ингибиторы гормонов щитовидной железы.

значение имеет правильный выбор таких параметров обработки, как температура, время, влажность и др. Для получения высококачественных соевых продуктов максимальной питательной ценности необходим также выбор оптимальных параметров технологического процесса при тщательном соблюдении соответствующих режимов обработки.

При тепловой обработке под воздействием влаги и высоких температур продукты переработки соевых семян вследствие денатурации белка (разрушения нативной пространственной структуры белковой макромолекулы – вторичной, третичной, четвертичной структуры, разупорядочения конформации полипептидной цепи без изменения первичной структуры) могут иметь пониженный индекс растворимости азота (NSI) и диспергируемости белка (PDI). При денатурации химический состав белка не меняется, однако физические свойства белка изменяются, снижается растворимость, способность к гидратации, теряется его биологическая активность. Продолжительное жесткое термическое воздействие может привести к снижению питательной ценности соевых белковых продуктов (ухудшению баланса незаменимых аминокислот), при перегреве биологического материала белки могут терять свою растворимость и плохо усваиваться организмом. В связи с этим для определения оптимальных режимов обработки американские ученые обращают большое внимание на взаимосвязь между активностью ингибитора трипсина, коэффициентом эффективности белка (PER) и условиями теплового воздействия на продукты переработки сои (рис. 3.1).

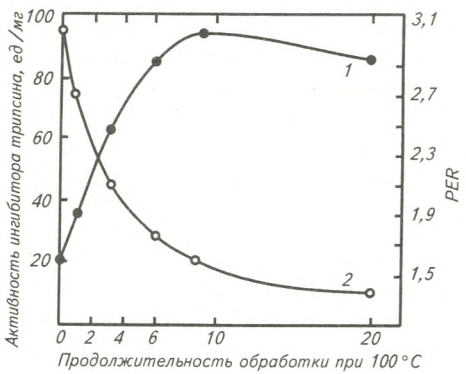

Рис. 3.1. Влияние обработки соевого шрота паром при атмосферном давлении на коэффициент эффективности белка при скармливании крысам (*1*) и активность ингибитора трипсина (*2*) (J. J. Rackis, 1974 г.)

Кроме того, перегрев соевых семян в процессе тепловой обработки приводит к увеличению риска повреждения масляной фракции с образо-

ванием компонентов, которые плохо или совсем не усваиваются животными. В настоящее время разработано достаточно много эффективных методов, технологических приемов инактивации антипитательных факторов компонентов комбикормов и способов подготовки их для легкого и быстрого усвоения организмом животных. Режимы обработки сои и соевой обезжиренной муки с целью инактивации протеолитических ингибиторов, разрушения антипитательных элементов и стерилизации хорошо также известны из технологий производства соевого молока, сыра тофу, заменителей традиционного молочного и мясного сырья. Обобщенно, рассматриваемыми технологиями зачастую предусмотрен размол и последующее **пропаривание** при давлении пара 0,3–0,5 МПа и температуре 120–140 °С в течение 15–30 минут, либо пропаривание жидкой массы с большим гидромодулем под давлением при температуре 105–110 °С. Однако у парового и водяного прогрева имеются известные недостатки, связанные с высокими давлениями и температурами «острого» пара. Неплохие результаты по разрушению антипитательных веществ на фоне повышения питательной ценности дает режим **пропаривания соевых семян (паротепловая обработка)** при давлении пара 2 МПа и продолжительности обработки 15–30 мин.

По данным Американской соевой ассоциации, при использовании необезжиренной сои в кормлении животных, птиц и рыб иногда применяется такой сравнительно простой метод тепловой обработки, как **проваривание**. В данном случае соевые семена предварительно вымачивают в воде, а затем отваривают в течение определенного времени. После варки семена раскатываются для просушки и могут скармливаться как в цельном виде, так и в виде муки или гранул. Возможно проваривание сои в автоклаве (т. е. под давлением водяного пара). В животноводческих хозяйствах России применяется варка измельченных семян сои в воде с использованием варочных котлов периодического действия. При этом сначала семена в течение 1 часа замачивают в растворе, содержащем 2,5% NaCl, 0,75% $NaHCO_3$, 0,25% Na_2CO_3, 1% триполифосфата натрия, при температуре 25 °С, а затем варят 40 минут. После варки не только снижается активность вредных, антипитательных веществ, но и возрастает переваримость белков, улучшаются вкусовые качества, что способствует при применении в кормовых смесях соевых компонентов повышению приростов, снижению общих затрат на корм.

В условиях комбикормового производства при обработке сои применяют экструдеры и грануляторы. Преимущества гранулированных кормов по сравнению с рассыпными комбикормами хорошо известны. Состав каждой гранулы однороден, животные и птицы поедают весь корм, потерь комбикорма почти нет. **Гранулирование** кормов с использованием сои не решает задачи инактивации ингибиторов трипсина и других термолабильных антипитательных веществ. Ингибиторы трип-

сина выдерживают прогревание при 100 °С, pH 8,0 в течение 15 минут без снижения активности. Инактивация начинается при 80 °С, а степень ее зависит от длительности прогревания.

Экструдирование представляет собой довольно энергоемкий процесс, где происходит перемешивание, измельчение и гидротермическая обработка зерновой массы при повышенном давлении. Повышенное давление в экструдере (2–3 МПа) достигается за счет однократного сжатия зерна между витками шнека с уменьшающимся шагом по направлению движения продукта к выпускной матрице. После пропуска сои через матрицу при выходе из экструдера происходит сброс давления, в результате чего продукт вспучивается, увеличивается в объеме, приобретает хорошую усвояемость. В результате такой обработки может снижаться содержание антипитательных веществ, разрушаться некоторое количество олигосахаридов и увеличиваться содержание моносахаридов. Этот процесс сопровождается высокими температурами, которые обеспечиваются через фрикцион (за счет трения при сухой экструзии) или частично с помощью впускания пара (влажная экструзия), и является сравнительно дорогостоящим; в настоящее время примененяется в основном при производстве сухих продуктов экструзионной технологии (готовых завтраков). Для усиления температурного воздействия, наряду с дополнительным обогревом с помощью паровой рубашки, применяют обогрев посредством использования электрической обмотки. Несмотря на высокое давление и температуру в рабочей камере экструдера, в ряде случаев при экструдировании сои не достигается необходимой степени инактивации ингибиторов трипсина. Нельзя говорить о 90% степени инактивации ингибиторов трипсина, что принято в практике тепловой обработки сои, не связывая температуру и время, необходимое для достижения разрушения ферментов. Соя находится в рабочей камере экструдера при высокой температуре (115–143 °С) зачастую всего 15–25 с. Какой-то определенной температуры, инактивирующей ферменты, не существует. При высокотемпературной кратковременной стерилизации ферменты оказываются более термоустойчивы, чем микроорганизмы. Поэтому при экструзионной обработке соевая жила стерильна, но из-за небольшого времени тепловой обработки активность ферментов в ней может быть не снижена в достаточной степени. По данным североамериканских специалистов (Г. К. Мустакас и др., 1966 г), при производстве, к примеру, экструдированной жирной соевой муки, продукт, полученный в результате дробления семян и удаления оболочек, необходимо кондиционировать сухим нагревом в течение 6–8 мин до достижения температуры 103–104 °С с целью инактивации липоксигеназы. В результате последующего увлажнения и экструдирования при 135 °С в течение 2 мин удается добиться требуемой инактивации ряда антипитательных веществ (ингибиторов трипсина, уреазы и др.).

Довольно широко в комбикормовой и пищевой промышленности используется интенсивный метод тепловой обработки цельных семян сои или соевой муки, заключающийся в их **прожаривании**. Такая обработка чаще всего происходит при температуре от 110 до 168 °С – в зависимости от типа используемого оборудования. Прожаривание осуществляется в обычных сушилках, в аппаратах с использованием нагреваемых керамических плиток, с помощью перегретого пара. В США используют технологии, которыми предусмотрен медленный пропуск сои через аппарат с циркулирующим в нем сухим воздухом, нагретым до температуры 315 °С. В результате такой обработки при выпаривании свободной воды и части внутренней влаги продукт разбухает и вспучивается. В России часто используют технологии тепловой обработки семян сои, которыми предусмотрено их прожаривание в течение 10–20 мин при температуре греющей поверхности 140–160 °С, что обеспечивает, как считается, интенсивное разрушение антипитательных веществ, повышение переваримости белков. В результате обработки семян в аппарате А9-КЖА, где они поджариваются при температуре 180–200 °С в течение 18 мин при постоянном впрыскивании воды внутрь аппарата через распылитель, удается получать семена сои с хорошими вкусовыми качествами и повышенной переваримостью белков (О. В. Щегорец, 2002 г.).

Обработку сои инфракрасными лучами, излучаемыми нагретыми керамическими пластинами (микронизацию), также можно отнести к одной из разновидностей прожаривания. ИК-лучи усиливают вибрацию в молекулах семян сои. Нагревание при этом может достигать 180–220 °С, что резко увеличивает давление водяного пара при испарении влаги и приводит к снижению антипитательных свойств семян сои, способствует повышению переваримости крахмала. С целью достижения высокой эффективности инактивации антипитательных веществ микронизация может проводиться на конвейерных установках при температуре 140–200 °С, в течение 1–1,5 мин. В России на основе исследований, проведенных в Московском государственном университете пищевых производств, разработан новейший способ гидротермической обработки (ГТО) семян сои с помощью высокотемпературного инфракрасного нагрева. Отличительной характеристикой инфракрасной установки УТЗ-4, выпускаемой ООО «Старт», является осциллирующий режим прогрева обрабатываемого материала. Установка УТЗ-4 работает по принципу переменного теплового потока и включает в себя ленточный конвейер из жаропрочного материала и рабочую нагревательную камеру с инфракрасными лампами, расположенными над движущейся лентой. Скорость движения ленты, время нахождения продукта под нагревательными блоками (экспозиция обработки), толщина слоя зерна на ленте плавно регулируются (рис. 3.2).

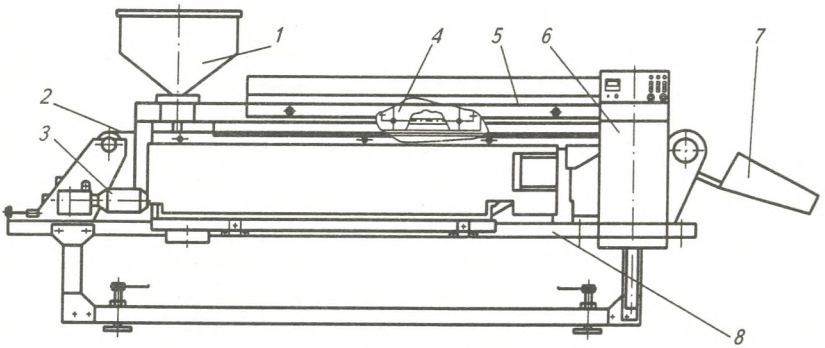

Рис. 3.2. Установка УТЗ-4:

1 – бункер; 2 – транспортер; 3 – мотор-редуктор; 4 – кассета с инфракрасными лампами; 5 – кожух; 6 – пульт управления; 7 – лоток ссыпной; 8 – рама

Применяя инфракрасную обработку семян сои, необходимо учитывать, что при перегреве биологического материала белки теряют свою растворимость, что приводит к их плохой усвояемости организмом. Излишняя жесткость режима термической обработки приводит к частичному разрушению аминокислот (лизина, триптофана, цистина и др.) и гидролизу жира. Исследованиями установлено, что даже кратковременный прогрев сои (60–80 с) до температуры выше 150 °С приводит к резкой потере растворимости протеина соевого шрота. Нагрев сои до 120–130 °С на установке УТЗ-4 и выдержка ее 5–10 мин в термостатируемых условиях позволяет достичь хорошего результата. Повышение температуры выше 130 °С с последующей выдержкой ее в течение 5–10 мин вызывает уменьшение количества растворимого протеина на фоне чрезмерного снижения активности уреазы. Инфракрасная обработка сои рассматриваемым способом позволяет добиться необходимой степени разрушения ингибиторов трипсина и других антипитательных факторов, не ухудшая растворимости белков сои, а также придать ей приятный вкус и аромат. При данном способе обработки соя вспучивается, структура ее разрыхляется, прочность уменьшается в 3–4 раза. Происходят изменения в углеводном комплексе: в частности, крахмал после обработки имеет высокую степень декстринизации. Подавляется как внешняя, так и внутренняя микрофлора. Указанный режим нагрева позволяет минимизировать градиент температур на поверхности и внутри прогреваемого сырья, что особенно актуально для довольно крупных по своим размерам семян зернобобовых культур (В. В. Кирдяшкин и др., 2001 г.). Кроме того, западными учеными доказано, что обработка перед размолом цельных соевых семян инфракрасным излучением способствует инактивации липоксигеназы.

Разработаны методы тепловой обработки семян сои с помощью **СВЧ-нагрева** в СВЧ-печах конвейерного или карусельного типа при температуре 100–110 °С в течение 6–9 мин, а также с помощью **электроконтактного нагрева** предварительно высушенных семян на двухэлектродных установках (при температуре 100 °С в течение 2 мин).

Неперевариваемые олигосахариды сои (раффиноза, стахиоза) достаточно эффективно удаляются при промывке обезжиренного соевого шрота с целью выделения растворимых веществ в процессе производства концентрированных белковых соевых продуктов. Лектины также хорошо извлекаются с помощью воды и спирта. Наряду с традиционным способом отделения раффинозы и стахиозы промывкой водными растворами кислот, щелочей или этанола при производстве соевых белковых концентратов или изолятов, решить эту задачу можно также в процессе ферментативного гидролиза и брожения, как это имеет место при получении соевых соусов и паст. Находят применение биотехнологические методы удаления олигосахаридов путем ферментативной обработки соевых семян. Содержание олигосахаридов может снижаться и в результате тепловой обработки. Содержание фитатов, растворимость которых отличается от растворимости соевого протеина при pH 5, может снижаться на 2/3 при промывке концентрированного белкового осадка водой с pH 5 в процессе производства соевых белковых изолятов методом щелочной экстракции. Добавление 0,01% пероксида водорода на стадии выделения масла в процессе водной экстракции (с целью последующего получения белковых изолятов) способствует инактивации липоксигеназы.

Контрольные вопросы

1. Каковы способы снижения активности антипитательных веществ соевых семян?
2. В отношении каких антиалиментарных веществ, содержащихся в соевых семенах, целесообразно использовать метод термоинактивации?
3. Как влияет обработка соевого шрота паром на коэффициент эффективности белка и активность ингибитора трипсина?
4. Приведите оптимальные режимы термической инактивации антипитательных веществ соевых семян.
5. Дайте сравнительную характеристику эффективности снижения активности антипитательных веществ сои при использовании экструзионной обработки и разных способов прожаривания.
6. Как удаляются неперевариваемые олигосахариды при производстве соевых белковых продуктов?
7. Укажите эффективные способы инактивации липоксидазы сои.

Глава 4

Краткая характеристика основных продуктов переработки семян сои

Производство соевых продуктов широко распространено во многих странах мира, они занимают устойчивое место на рынке продуктов питания и имеют достаточно высокую востребованность среди определенных слоев населения, благодаря своим уникальным свойствам (табл. 4.1, 4.2). Ассортимент выпускаемых продуктов питания из сои весьма разнообразен. Уникальные свойства семян сои определяют повышенный интерес к ним специалистов пищевой промышленности и позволяют одновременно получать при их переработке высококачественное растительное масло и высокобелковые жмыхи и шроты, которые могут использоваться при производстве комбикормов, являться сырьем при выработке пищевых белковых продуктов (соевая мука, изоляты, концентраты белка, текстурированные соевые продукты). Широко распространено производство неферментированных (соевое молоко, тофу и др.) и ферментированных соевых продуктов (мисо, соевый соус, натто и пр.), разработанных народами Японии и других стран Азии.

4.1. Средневзвешенный химический состав 100 г некоторых пищевых продуктов из сои и коровьего молока (И. М. Скурихин, М. Н. Волгарев, 1987, 1994 г.)

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Кальций, мг	Железо, мг	Витамин B_1, мг	Витамин B_2, мг	Витамин PP, мг	Энер. ценность, ккал
Соевая необезжиренная мука	36,5	18,6	217	14,3	–	–	–	374
Молоко соевое	2,7	1,0	5	0,7	0,19	0,08	0,18	37
Молоко коровье пастеризованное 3,5% жирности	2,79	3,5	120	0,06	0,04	0,15	0,10	61
Творог соевый	9,0	5,0	406	6,2	0,9	0,06	0,23	121
Творог полужирный из коровьего молока	16,7	9,0	164	0,4	0,04	0,27	0,40	159
Шрот соевый пищевой	43,5	1,4	360	14	0,85	0,20	1,98	237
Соевые бобы в томатном соусе	9,2	1,5	4	2,4	0,03	0,03	1,1	73

4.2. Химический состав и энергетическая ценность 100 г соевых продуктов (1994 Soya Bluebook. Inc., Bar Harbor, ME, 1994)

Показатель	Мисо	Темпе	Натто	Окара	Концентрат	Изолят	Соевый соус шою	Соевое молоко
Вода, г	41,5	55,0	55,0	81,6	5,8	5,0	71,1	93,3
Энергетическая ценность, ккал	206	199	212	77	332	338	53	33
Протеин, г	11,8	19,0	17,7	3,2	58,1	80,7	5,2	2,8
Углеводы, г	28,0	17,0	14,4	12,5	31,2	7,4	8,5	1,8
Жир, г	6,1	7,7	11,0	1,7	0,5	3,4	0,1	1,9
Сырая клетчатка, г	2,5	3,0	1,6	4,1	3,8	0,3	0,0	1,1
Кальций, мг	66	93	217	80	363	178	17	4
Железо, мг	2,74	2,26	8,60	1,30	10,78	14,50	2,02	0,58
Цинк, мг	3,32	1,81	3,03	–	4,40	4,03	0,37	0,23
Витамин B_1, мг	0,10	0,13	0,16	0,02	0,32	0,18	0,05	0,16
Витамин B_2, мг	0,25	0,11	0,19	0,02	0,14	0,10	0,13	0,07
Витамин PP, мг	0,86	4,63	0,00	0,10	0,72	1,44	3,36	0,15
Витамин B_6, мг	0,22	0,30	–	–	0,13	–	0,17	0,04
Витамин B_9, мкг	33,0	53,0	–	–	340,0	176,0	15,5	1,5

Получаемое из соевых семян в результате экстракции с помощью растворителя или при использовании механического отжима **соевое масло**, прошедшее соответствующую последующую обработку, нейтрально по вкусу и запаху, отличается высокой длительностью хранения без изменения качества, идеально подходит для салатов, пригодно для любых блюд из мяса и рыбы, успешно используется при приготовлении теста. Прессовое соевое масло хорошо усваивается и представляет собой вязкую жидкость янтарного цвета с приятным ореховым вкусом и запахом. Как уже отмечалось, соевое масло богато ненасыщенными жирными кислотами, такими, как олеиновая (18–30%), и незаменимыми кислотами – линолевой (44–62%) и линоленовой (4–11%). Содержание насыщенных пальмитиновой и стеариновой жирных кислот находится на уровне 7–13 и 2–6% от суммы жирных кислот соответственно. Калорийность 100 г рафинированного и гидратированного масла составляет 899 и 898 ккал соответственно. В соответствии с ГОСТ 7825-96 «Масло соевое. Технические условия» в зависимости от способа обработки и показателей качества масло соевое подразделяют на виды и сорта: гидратированное (1 и 2 сорт), рафинированное неотбеленное, рафинированное отбеленное, рафинированное дезодорированное. Для торговой сети и предприятий общественного питания предназначается соевое масло гидратированное 1 сорта (прессовое), рафи-

нированное неотбеленное (прессовое), рафинированное дезодорированное. В соответствии с ГОСТ 7825-96 соевое масло рафинированное дезодорированное, рафинированное отбеленное и неотбеленное, гидратированное 1 сорта должно быть прозрачным. В гидратированном соевом масле 2 сорта допускается легкое помутнение. При этом рафинированное дезодорированное соевое масло должно быть без запаха и иметь вкус обезличенного масла; рафинированное отбеленное и неотбеленное, а также гидратированное соевое масло 1 и 2 сортов должны иметь соответственно свойственные им запах и вкус, без посторонних запахов и привкусов. Нормы для соевого масла по физико-химическим показателям, характеризующим потребительскую ценность, приведены в табл. 4.3. Превышение нормы кислотного числа для рафинированного дезодорированного масла до 0,6 мг КОН/г не является браковочным фактором. Для промышленной переработки допускается гидратированное соевое масло 2 сорта с кислотным числом не более 4,0 мг КОН/г и массовой долей фосфорсодержащих веществ не более 0,5% в пересчете на стероолеолецитин (не более 0,044% в пересчете на P_2O_5). По согласованию с торговыми организациями для розничной продажи допускается рафинированное дезодорированное масло цветностью не более 30 мг йода. Для торговой сети и общественного питания допускается гидратированное соевое масло 1 сорта (прессовое) с массовой долей фосфорсодержащих веществ не более 0,3% в пересчете на стероолеолецитин (не более 0,026% в пересчете на P_2O_5). В соответствии с ГОСТ 7825-96 йодное число (г I_2/100 г) и массовая доля неомыляемых веществ (%, не более) должны соответствовать следующим значениям: для рафинированного дезодорированного соевого масла – 120–140 и 0,8, для рафинированного отбеленного и неотбеленного, гидратированного 1 и 2 сорта – 120–140 г и 1,0% соответственно. Соевое масло должно вырабатываться из семян сои, отвечающих требованиям ГОСТ 17109-88 и требованиям государственного санитарного надзора.

Побочные продукты, получаемые после извлечения масла из семян сои, представляют особый интерес для комбикормовой и пищевой промышленности. Так, при отжиме масла в прессах из предварительно очищенных, размолотых и обработанных теплом и влагой семян образуется **соевый жмых**, а при экстрагировании масла органическим растворителем – **шрот**. Кормовой жмых получают в дробленом виде или в виде ракушки от желтого до светло-бурого цвета. Кормовой соевый тостированный шрот имеет цвет от светло-желтого до светло-коричневого и получается после отгонки растворителя (при форпрессовании-экстракции или прямой экстракции из предварительно обработанных семян сои с применением тостирования) и высушивания оставшейся после экстракции масла массы (до массовой доли влаги и летучих веществ 8,5–10%). Жмыхи и шроты, кроме внешнего вида, различаются количеством содержащегося в них жира. В жмыхах оно может достигать 7%, а в шротах – не более 2,5% в пересчете на абсолютно сухое вещество.

4.3. Нормы физико-химических показателей качества соевого масла по ГОСТ 7825-96

Наименование показателя	Рафинированное дезодорированное	Рафинированное отбеленное	Рафинированное неотбеленное	Гидратированное первого сорта	Гидратированное второго сорта
Цветное число, мг йода, не более	12	12	45	50	70
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,3	0,3	0,3	1,0	1,5
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20
Массовая доля нежировых примесей (отстой по массе), %	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
Массовая доля фосфорсодержащих веществ в пересчете на стеароолеолецитин, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,20	0,30
Массовая доля фосфорсодержащих веществ в пересчете на P_2O_5, %, не более	0,004	0,004	0,004	0,018	0,026
Мыло (качественная проба)	отсутствует	отсутствует	отсутствует	–	–
Температура вспышки экстракционного масла, °С, не ниже	240	225	225	225	225
Перекисное число, ммоль/кг, 1/2 О, не более	10,0	–	10,0	10,0	–

Соевый жмых и шрот являются биологически ценными белковыми кормами, богатыми незаменимыми аминокислотами, что особенно важно для молодняка и птицы. Однако для достижения максимальной питательной ценности необходима оптимальная степень тостирования (тепловой обработки). Считается, что негативное действие веществ, снижающих питательную ценность, устраняется при тепловой обработке, если активность ингибитора трипсина уменьшена до требуемого уровня (остаточной активности ниже 6 мг/г). Гораздо более глубокая обработка паром может потребоваться для выработки продуктов кормления особо чувствительного молодняка. Соевый шрот, содержащий хорошо сбалансированную смесь аминокислот в концентрированном виде, является доступным и наиболее предпочтительным ингредиентом кормов при

конкурентоспособной цене. Соевый шрот и жмых используются также и для производства комбикормовой продукции.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12220-96 «Шрот соевый кормовой тостированный. Технические условия», наряду с другими нормированными показателями качества, активность уреазы (по изменению pH за 30 мин) в соевом шроте должна быть на уровне 0,1–0,2 pH, массовая доля золы, нерастворимой в соляной кислоте, сырого протеина и клетчатки (в обезжиренном продукте) в пересчете на абсолютно сухое вещество – на уровне не более 1,5, не менее 45 и не более 7% соответственно; общая энергетическая питательность (ОЭП) в пересчете на сухое вещество должна составлять не менее 1,18 к.е.

ОЭП соевого жмыха в соответствии с ГОСТ 27149-95 «Жмых соевый кормовой. Технические условия» должна быть не менее 1,26 к.е., массовая доля золы, нерастворимой в соляной кислоте, сырого протеина и клетчатки (в обезжиренном продукте) в пересчете на абсолютно сухое вещество – не более 1,5, не менее 42,5 и не более 7% соответственно, а активность уреазы не может превышать 0,1–0,3 pH (по разности pH).

При переработке предварительно обработанных семян сои прессованием получают соевый пищевой жмых, который используется для производства различных продуктов. Пищевой соевый шрот, отвечающий требованиям ГОСТ 8056-96, может применяться только для производства пищевой соевой муки. В соответствии с ГОСТ 8057-95 «Жмых соевый пищевой. Технические условия» и ГОСТ 8056-96 «Шрот соевый пищевой. Технические условия» по показателям потребительской ценности эти продукты должны отвечать следующим требованиям: массовая доля золы, нерастворимой в соляной кислоте, сырого жира и протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество – не более 0,6, не более 8 и не менее 44% для жмыха и не более 0,5, не более 2 и не менее 50% для шрота соответственно; массовая доля сырой клетчатки в пересчете на сухое обезжиренное вещество – не более 5,5% для жмыха и не более 5% для шрота; частицы соевого жмыха и шрота должны полностью проходить через сито с отверстиями диаметром 15 мм и 10 мм соответственно. В пищевом соевом шроте активность уреазы (изменение pH за 30 мин) должна быть на уровне не более 0,1 pH.

В результате глубокой переработки соевого шрота изготавливаются соевая мука и крупа (с содержанием белка до 50%), концентраты (содержание белка до 70–75%), изоляты (более 90% белка), текстурированные белки (волокнистая структура, сходная со структурой волокон мяса).

Соевая мука похожа на пшеничную, имеет чаще всего светло-желтый или нежный кремовый цвет, легкий ореховый запах, является высокобелковым продуктом с универсальными свойствами. В соответствии с ГОСТ 3898-56 «Мука соевая дезодорированная. Технические условия» **соевая дезодорированная мука**, предназначенная для пищевых целей, получает-

ся путем размола соответствующих требованиям ГОСТ 17109, тщательно очищенных, дезодорированных и обрушенных соевых семян или пищевого соевого жмыха и шрота. Соевая дезодорированная мука делится на три вида: необезжиренную (вырабатываемую из соевых семян); полуобезжиренную (вырабатываемую из соевого пищевого жмыха) и обезжиренную (вырабатываемую из соевого пищевого шрота). В зависимости от качественных показателей соевая дезодорированная мука каждого вида делится на два сорта: высший и первый. Содержание жира (в % на сухое вещество) в ряду других нормированных показателей в необезжиренной, полуобезжиренной и обезжиренной соевой дезодорированной муке должно быть на уровне не менее 17, от 5 до 8 и не более 2% соответственно; содержание сырого протеина – не менее 38, 43, 48%; содержание сырой клетчатки – не более 3,5, 4,5, и 4,5% у высшего сорта, не более 4,5, 5 и 5% у 1 сорта соответственно.

В США широко производится жирная соевая мука трех видов: энзиматически активная, тостированная и подвергнутая экструзионной обработке. **Энзиматически активную соевую муку**, содержащую активную липоксигеназу, применяют для отбелки пшеничной муки и кондиционирования теста в хлебных изделиях, улучшения текстуры продукта. Энзиматически активную соевую муку выпускают как жирную, так и обезжиренную. В термически обработанной паром жирной соевой муке и крупе уменьшается специфический бобовый вкус в результате инактивации липоксигеназы. В процессе экструдирования производят **жирную экструдированную муку** или продукты из смеси соевой крупы, очищенной от оболочки, с кукурузой, пшеницей, рисом. **Обезжиренная соевая мука**, полученная путем размола и просеивания обезжиренного шрота, может добавляться в тесто при выпечке хлеба, что заметно повышает его питательные качества, способствует образованию корочки приятного коричневого цвета, удлиняет срок хранения. **Обезжиренную соевую крупу** производят, измельчая белый лепесток, получаемый из пищевых сортов соевых семян, очищенных от оболочки и обезжиренных гексаном.

Соевые белковые концентраты получают в результате дальнейшей переработки соевой муки или обезжиренного лепестка, переводя протеин в нерастворимое состояние и вымывая все растворимые вещества. В соевых белковых концентратах, как правило, содержится около 70% белка и около 25% углеводов, менее 1% жиров, около 3,5% сырой клетчатки. Используются они в супах, высокобелковых напитках, соусах с целью придания продуктам определенной консистенции и удержания влаги. Соевые белковые концентраты выпускают в порошкообразной или гранулированной форме.

При производстве **изолятов соевых белков** наилучшие результаты дает использование технологий, основанных на дальнейшей переработке обезжиренного шрота, вырабатываемого при экстракции масла из

семян. Соевые белковые изоляты могут содержать около 90% белка, около 2,5% углеводов, 0,5% жира, 0,5% сырой клетчатки. Пища, приготовленная из соевых изолятов, имеет особенно высокое содержание белка при низком содержании жира и невысокой калорийности. Изоляты используются при производстве макаронных изделий и выпечке хлеба, при изготовлении мясопродуктов, замороженных десертов, взбивных изделий, соевого сыра, соевого молока, продуктов детского и лечебно-профилактического питания, супов, соусов и др. Выпускаются изоляты в виде порошка и в жидком виде.

Оболочка соевых семян, отделяемая при их переработке, является ценным продуктом, содержащим пищевую диетическую клетчатку (около 92%), остаточный белок (около 1,5%) и жир (около 0,5%). Оболочку в основном используют при производстве кормов для животных и частично, после соответствующей очистки и стерилизации, в качестве диетической клетчатки в хлебобулочных изделиях.

Продуктом глубокой переработки семян сои является **текстурированный соевый белок**, получаемый чаще всего способом механического прядения. Этим способом из соевых белковых изолятов вырабатывают волокнистые структурированные изоляты, используя которые можно имитировать многие мясные продукты животного происхождения. Текстурированный соевый белок в виде пищевых изделий волокнистой или многослойной (кускообразной) структуры является высокополезным низкокалорийным источником белка и клетчатки, не содержит холестерина и используется в супах, соусах, при производстве структурированных аналогов бескостного мяса крупного рогатого скота, птицы и для улучшения текстурных характеристик комбинированных продуктов питания. Выпускается в виде мелких гранул, муки, крупных и мелких ломтиков. Текстурированный белок мяса может иметь форму и текстуру фарша, гуляша, отбивных и т. п., реализуется в сухом, обезжиренном виде. Подобные пищевые продукты из сои могут также выпускаться в виде кусочков, шариков, хлопьев и др.

Способом экструдирования **текстурированные соевые продукты** производят главным образом из соевой муки или концентрата соевого белка. В большинстве случаев экструдируют соевые белковые концентраты, получая текстурированные концентраты в форме полосок, нитей, хлопьев, использующиеся в качестве наполнителей или заменителей мясных блюд.

Из вареных соевых семян производится **соевый напиток (соевое молоко)**, часто в сочетании с шоколадным, ванильным, ореховым наполнителем. Используется как добавка в сухие завтраки и в различные виды выпечки, при производстве кондитерских изделий, каш и супов. Соевый заменитель молока – это низкокалорийный напиток кремового цвета с приятным ореховым запахом, содержащий около 2,5% белка и 1,5% жира. Соевый напиток является хорошим заменителем коровьего

молока благодаря своему уникальному природному составу с оптимальным содержанием белков, липидов, лецитина, пищевой диетической клетчатки, биогенных микро- и макроэлементов, он не содержит холестерина и лактозы. Такой химический состав делает возможным использование соевого напитка в питании детей раннего возраста и пожилых людей; людей, не переносящих коровьего молока, страдающих язвенной болезнью и гиперсекрецией желудка, пищевыми аллергиями. В Японии в соответствии со стандартами на сельскохозяйственные продукты выпускают четыре группы соевого молока: нормальное; восстановленное (с добавлением растительного масла с целью приближения к соотношению жира и белка в коровьем молоке); безалкогольный напиток (с добавлением сахара для улучшения вкуса) и соевый белковый напиток (с добавлением фруктового сока, какао, сахара, искусственных или натуральных ароматизаторов, стабилизаторов и других ингредиентов). Производится и **сухое соевое молоко**, содержащее около 26% полноценного белка и обладающее высокой усвояемостью. Сухое соевое молоко – порошок кремового цвета с приятным ореховым запахом, является идеальным источником полноценного белка, витаминов, незаменимых аминокислот, минеральных веществ (особенно, солей кальция и железа). Оно используется в ряде случаев как альтернативный продукт питания, а также в качестве заменителя сухого коровьего молока, для приготовления напитков, каш, супов, сладких паст, майонезов, соусов, кондитерских изделий и т. д.

В результате отжима на фильтр-прессе соевой массы в процессе производства соевого молока получают соевый пищевой обогатитель – **окару** (нерастворимый соевый остаток), которая имеет светло-желтый цвет, нейтральный вкус и характерную крупитчатую консистенцию, может содержать до 5% белка, 4% жира, является растительным источником двухвалентного железа и диетической клетчатки. Благодаря нейтральному вкусу, отсутствию выраженного запаха она сочетается практически со всеми пищевыми продуктами, добавляется к первым и вторым блюдам, используется в составе мясных и овощных котлет (до 30%), при приготовлении хлебобулочных изделий, выпечки, печенья, подливок, соусов, в качестве добавки к блинам и оладьям.

Соевый творог или сыр (тофу) в Китае и Японии производят уже на протяжении более 2000 лет. Его получают из свернувшегося соевого молока (напитка). Коагулят (осажденный белок) отжимают (прессуют), а полученную массу хранят в холодильниках в воде или в герметичных упаковках. Замороженный тофу приобретает светло-золотистый цвет и упругую консистенцию. Свежий соевый творог не имеет запаха и очень хорошо впитывает вкус, поэтому при производстве тофу используют различные вкусоароматические добавки (травы, специи, морскую капусту, укроп, тмин). В связи с высокой пищевой ценностью, диетиче-

скими свойствами, низким содержанием жира и углеводов тофу незаменим в диетическом питании. Продукт имеет консистенцию мягкого сыра, кремовый цвет, нежный вкус. Тофу прекрасно маринуется (в сладкой, соленой воде, соленой воде с ароматной зеленью, специями и т. п.). Разные виды тофу используют в традиционной кулинарии для приготовления закусок, салатов, вторых блюд, бутербродов, десертов. Длительный срок хранения и особый вкус имеет тофу, жареный во фритюре. При двойной обжарке получают воздушный, пористый тофу с высокими вкусовыми качествами. Употребляются соевые сыры в исходном, жареном, маринованном, копченом виде; дегидратированный и измельченный тофу в китайской кухне используют для приготовления аппетитных горячих блюд с добавлением батата, моркови, водорослей, семян конопли и кунжута (ган-модоки). Пастообразные сладкие соевые сыры сходны с обычными молочными сырковыми массами.

Соевая сырковая масса готовится как тофу, но в нее добавляется сахар, а иногда и какао. Обычно она имеет светло-коричневый цвет, нежный вкус, легко усваивается и может употребляться в сыром виде, а также использоваться для приготовления кремов, бутербродов, выпечки и др. **Соевая сыворотка** – это промежуточный продукт, получаемый при изготовлении тофу и используемый для приготовления соусов, мясных и овощных блюд, в косметических целях, в качестве заменителя молочной сыворотки в кулинарии. **Соевые кефиры и йогурты** производят с применением кефирной и йогуртной закваски, которые полезны для микрофлоры кишечника. Соевые йогурты представляют собой аналог натуральных кисломолочных продуктов с содержанием около 2,5% белка и 1,5% жира, имеют хорошую усвояемость и оказывают благоприятное влияние на организм человека. **Соевые напитки** изготавливают из соевой эмульсии с добавлением сахара с последующим сквашиванием ее чистыми культурами термофильного молочнокислого стрептококка и болгарской палочки или бифидобактериями.

Соевый майонез – низкокалорийный соевый продукт эмульсионного типа, содержащий обычно до 2,5% белка, 25% жира, включающий в свой состав соевое масло, соевый белок, соль, сахар, уксус, горчицу и др. добавки. Соевые майонезы в своей основе имеют растительный белок и не содержат яичного порошка и холестерина, что делает их весьма полезными при диетическом питании. **Соевая сметана** – уникальный диетический продукт, содержащий до 4% белка, 20% жира, по составу и пищевой ценности практически не уступающий натуральной сметане из коровьего молока. **Соевая белковая пенка – юба**, образующаяся при нагревании соевого молока, содержит большое количество белка и жира (около 50 и 35% соответственно) и успешно используется в качестве ингредиента вегетарианских блюд. Обжаренные соевые белковые пенки используют как деликатесную закуску или для заправки супов, а также

как добавку к разнообразным блюдам. **Муку из жареных цельных семян сои – кинако** употребляют, смешивая с сахаром, в качестве обсыпки и как основу для приготовления кексов. **Соевая шоколадная паста**, содержащая до 6% белка и 25% жира, используется для приготовления кондитерских изделий и бутербродов.

Пищевой промышленностью выпускаются **консервированные зеленые соевые семена** (достигшие примерно 80%-ной зрелости), при производстве которых соблюдают продолжительность и температуру процесса стерилизации, такую же, как для низкокислотных продуктов. При приготовлении супов, утренних питательных напитков используется своеобразный консервированный концентрат – **мисо.** Эту соленую приправу со специфическим вкусом, представляющую собой вязкую высокобелковую пасту, получают в результате длительного брожения смеси из обработанных в автоклаве соевых семян, соленой воды и закваски – коджи (часто используется для ферментации риса). **Соевый соус (шою)** также относится к ферментированным соевым продуктам. Для его приготовления используют проваренный обезжиренный соевый шрот, измельченные поджаренные пшеничные зерна, закваску коджи, соленую воду, а иногда и специальные микроорганизмы. Шою весьма популярен в Японии и представляет собой темно-коричневую жидкость, содержащую около 1,5% азота и 18% соли, имеющую характерный вкус и аромат. Соевый соус улучшает вкус и переваривание грубой растительной пищи, стимулируя работу пищеварительных органов человека. **Натто** представляет собой продукт в виде клейкой вязкой массы с сильным запахом и текстурой сыра, получаемый из сваренных целых соевых семян, ферментированных *Bacillus natto*. Используется японцами при приготовлении бутербродов, добавляется в супы и другие блюда, применяется для кондитерских изделий. **Темпе** – продукт ферментации варенных соевых семян с помощью культуры плесневых грибов *Rhizopus oligosporus*, использующийся в качестве добавки в супы или в продукты быстрого приготовления, в качестве заменителя мяса во вторых блюдах. Выпускается в виде кусочков, кубиков, получаемых после разрезания твердого пласта темпе. В Китае производят **соу-тофу** (ферментированное тофу) путем инокуляции небольших кубиков пастеризованного твердого тофу микроорганизмами *Actinomucor elegans* (или другими плесневыми грибами), последующей ферментации и заключительной выдержки продукта в рассоле, приготовленном на основе рисовой водки и 12% соли. Готовый продукт имеет соленый вкус и текстуру наподобие плавленого сыра.

Из обжаренных семян сои изготовляют **кофейные напитки**, использующиеся в качестве заменителей натурального кофе. Продукт вырабатывают в зернах или в молотом виде. Обжаривая до слабо-коричневого цвета подготовленные цельные соевые семена в духовом шкафу, получают **соевые орешки**, предназначенные для непосредственного употребления в пищу. Для улучшения товарного вида орешки дражи-

руют шоколадом, обрабатывают сахарным сиропом и обсыпают сахарной пудрой. Соевые орешки к пиву посыпают паприкой, гвоздикой, кардамоном. Соевые орешки полезны больным с сердечно-сосудистыми заболеваниями, анемией, болезнями пищеварительного тракта.

Используется соя и в **технических целях**. Так, продукты переработки семян сои находят применение в химической, лакокрасочной, текстильной, бумажной, мыловаренной, резинотехнической промышленности, при производстве строительных и отделочных материалов. Смесь из 20% метиловых эфиров на основе соевого масла и 80% нефтепродуктов используется для производства **экологического топлива**. На основе биотоплива производятся чистящие вещества, растворители и присадки для промывания автомобильных двигателей. **Лецитин**, получаемый из сои, используется в фармацевтической промышленности. Белковые соевые продукты также находят применение при производстве фармацевтических препаратов и пищевых добавок (изофлавоны, сапонины, фитиновая кислота, ингибиторы протеаз). На основе соевого масла производят качественные **типографские краски**. Продукты переработки соевых семян используются при изготовлении пластмасс, мыл, моющих средств, защитных покрытий, косметики, растворителей, дезинфицирующих и электроизоляционных материалов, красок, заменителей кожи, синтетической резины, текстильных изделий, фанеры, противопожарных пен и т. д.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные продукты переработки семян сои.
2. Кратко охарактеризуйте химический состав и пищевую ценность основных соевых продуктов.
3. Охарактеризуйте пищевую ценность соевого масла.
4. Какие виды и сорта соевого масла выпускаются пищевой промышленностью?
5. Как используется соевый жмых и шрот?
6. Какие требования предъявляются к соевому жмыху и шроту, использующемуся на кормовые и пищевые нужды?
7. Перечислите виды соевой дезодорированной муки.
8. Как нормируются основные показатели качества разных видов соевой муки?
9. Охарактеризуйте химический состав соевых белковых концентратов и изолятов.
10. Каковы особенности химического состава и возможности использования в пищевой промышленности соевого молока и окары?
11. Дайте краткую характеристику неферментированных соевых продуктов.
12. В чем заключаются главные особенности химического состава и пищевой ценности ферментированных соевых продуктов?

Глава 5

Получение соевого масла и шрота

5.1. Механический отжим масла из семян сои

Наряду с широко распространенным методом выделения соевого масла, основанном на экстракции растворителем, **применяется механический отжим масла** из соевых семян, при котором, как считается, удается получать более качественный и полноценный продукт. По данным Американской соевой ассоциации, в США вплоть до 1950 года использование **шнековых прессов непрерывного действия (экспеллеров)** было основным способом получения соевого масла. В настоящее время в развитых странах механический метод в ограниченных масштабах эффективно используется при производстве небольших объемов соевого масла специального назначения и для производства соевого жмыха с повышенным содержанием жира для изготовления кормов. Преимущества производства соевого масла прессовым способом состоят в отсутствии растворителей, сложных технологических схем и оборудования, требующих больших начальных капитальных затрат. Экономические потери, связанные с высоким содержанием жира в жмыхе, удается компенсировать благодаря более высокому качеству масла. В США в настоящее время механический способ в основном применяется для предварительного прессования (форпрессования) семян с высоким содержанием масел (хлопчатник, рапс, подсолнечник и т. д.). Полученный после форпрессования жмых с высокой остаточной масличностью направляется на последующую экстракцию остатков масла растворителем. При содержании масла в соевых семенах на уровне 18–20% предварительное прессование семян проводить нецелесообразно, поэтому они после необходимой подготовки обычно сразу поступают на экстракцию растворителем. Стадия форпрессования в некоторых случаях применяется на экстракционных заводах, работающих на различных видах сырья, в ряду которых удельный вес соевых семян невелик. По данным американских специалистов, технология с использованием форпрессования не оказывает значительного влияния на стоимость продукции и реализуется обычно в рамках предприятий с устаревшим технологическим оснащением (Д. Б. Уорфел, 1995 г.). Однако необходимо учитывать, что в целом на заводах, работающих на разных видах маслосемян, более полно используются производственные мощности, снижаются затраты на производство единицы продукции.

В современных хозяйственно-экономических условиях Российской Федерации технологии механического отжима соевого масла могут най-

ти широкое применение при переработке соевых семян в местах их производства, в фермерских хозяйствах, в условиях крупных сельхозпредприятий и агропромышленных фирм, на предприятиях пищевой промышленности малой производительности. К недостаткам рассматриваемого метода можно отнести: большую энергоемкость; необходимость соблюдения высоких стандартов эксплуатации оборудования и определенного уровня профессиональных навыков; сравнительно низкую производительность (15–30 т/сут и менее на один пресс); высокий процент остаточной масличности жмыха (4–7%). Технологический процесс прессования обычно включает в себя следующие основные операции:

1. измельчение очищенных соевых семян;
2. нагревание до достижения 4–6%-ной влажности для облегчения процесса выделения масла;
3. прессование в экспеллере.

Так, например, метод однократного прессования в шнековом прессе непрерывного действия используется в линии для переработки масличных культур МП-150, изготавливаемой московской фирмой «Апсида» и предназначенной в т. ч. и для переработки на масло семян сои (рис. 5.1). Линия состоит из защитного кожуха *1*, загрузочного бункера *2*, привода *3*, пульта управления *4*, секции нагрева *5*, секции слива масла *6*, поддонов для стока масла *7* и схода жмыха *8*. На линии могут одновременно выполняться операции измельчения семян, их тепловой обработки, прессования и гранулирования; разделение потоков слива масла и схода гранул жмыха; автоматическое поддержание заданной температуры и т. д. Производительность линии 100–200 кг/ч. МП-150 может работать самостоятельно и в комплексе с другим оборудованием системы транспортирования и подачи семян, влаготепловой обработки и т. д.

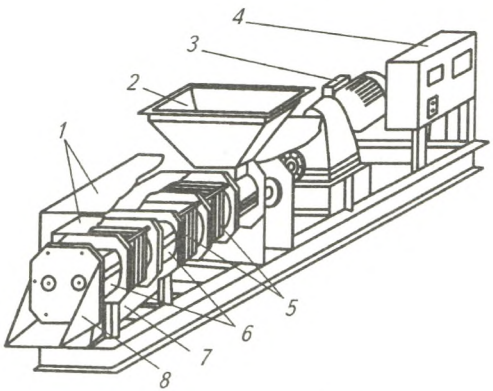

Рис 5.1. Линия МП-150

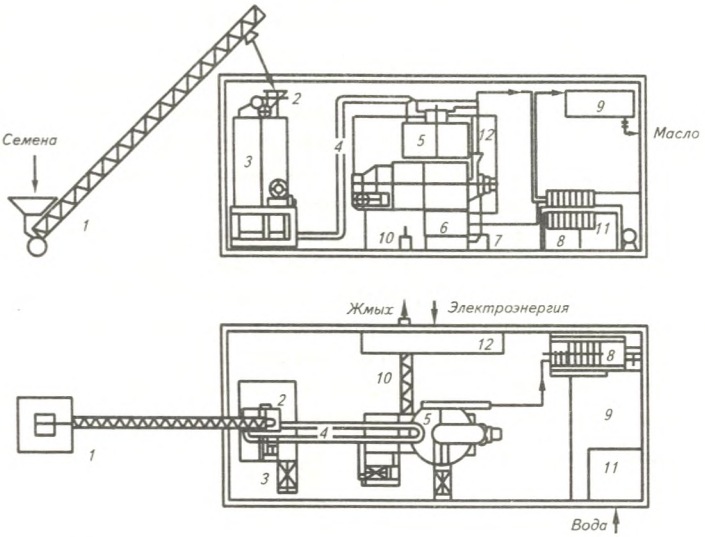

Рис. 5.2. Схема комплексной прессовой установки малой мощности

На сельхозпредприятиях и пищевых предприятиях малой мощности РФ может найти широкое применение установка по комплексной переработке масличных семян, выпускаемая фирмой «СКЭТ» (рис. 5.2). Передвижная прессовая установка производительностью 2–2,5 т/сут размещается в стандартном контейнере и может работать как в автоматическом, так и в режиме ручного управления. Возможно оснащение установки оборудованием для приемки семян и силосом. На установке с помощью пресса КП 12.1 может производиться переработка различного масличного сырья (семена подсолнечника, сои, хлопчатника, рапса, льна и др.) по схеме однократного окончательного прессования при производительности по семенам сои 90 кг/ч с выходом 14 кг/ч масла. Согласно технологической схемы семена сои поступают в приемную воронку и шнеком *1* подаются через отверстие в крыше контейнера на двухпарный вальцовый станок *3*, предварительно проходя через постоянный магнит *2* для удаления металломагнитных примесей.

Питательный валик, расположенный в загрузочной воронке вальцового станка, равномерно распределяет семена по рабочей поверхности станка. Верхняя пара вальцов производит измельчение семян, а нижняя – плющение. После механической обработки семена транспортным устройством *4* подаются в жаровню, где происходит влаготепловая обработка семян (кондиционирование). Жаровня входит в шнекопрессовый агрегат *5*. В зависимости от уровня заполнения жаровни регулируется количество загружаемых семян. Подготовленная мезга через пи-

татель непрерывно поступает в шнековый пресс, в котором под действием давления происходит выделение масла. Образовавшийся жмых с помощью шнекового конвейера *10* выводится из установки. Масло подается в отстойник *6* для осаждения крупных частиц, а далее перекачивается насосом *7* на фильтр-пресс тонкой очистки *8*. Очищенное масло поступает в резервуар *9*. В комплект оборудования входит парогенератор *11* и электрораспределительное устройство *12*.

Переработку соевых семян с целью получения масла с высокими вкусовыми качествами, сохраненным природным минеральным, витаминным составом на предприятиях агропромышленного комплекса можно достаточно эффективно осуществлять с помощью **комплекса по производству растительных масел КМ 500**, выпускаемого на российском заводе «Деметра». Для переработки соевых семян рекомендуется использовать установку, включающую в себя:

1. весовое устройство;
2. блок загрузки;
3. блок подогрева;
4. блок маслоотжимной;
5. блок разгрузки.

Производительность комплекса при влажности семян сои 8% и температуре 20 °С – до 350 кг/час, остаточная масличность жмыха – 9%, активность уреазы соевого жмыха – разность pH 0,1–0,3. При использовании блока подогрева для подогревания семян на входе в маслоотжимной блок до температуры 40–50 °С возможно снижение остаточной масличности до 7% и увеличение производительности до 400 кг/час. Особенно актуален подогрев зимой при низких температурах окружающего воздуха. Оптимальный режим отжима масла из семян подбирается с помощью регулировки давления в камерах прессов, изменения скорости подачи семян на входе в агрегат, а также выбора варианта технологического процесса, предусматривающего или исключающего нормализацию влажности семян, поступающих на переработку. Установившийся процесс отжима сопровождается интенсивным истеканием масла через щели зеерных камер, а выходящий из пресса окончательного отжима в форме гранул от светло-зеленого до светло-серого цвета жмых при этом не имеет признаков подгорания. Комплекс КМ 500 предназначен для переработки семян масличных культур на масло и жмых по технологии двойного прессования (предварительный и окончательный отжим) (рис. 5.3).

Семена транспортером *1* подаются в бункер-питатель (сепаратор) *2*, в котором отделяются крупные, мелкие и тяжелые примеси, а очищенные семена по пневмопроводу *4* поступают в блок подогрева (на рис. не показан) и далее в маслоотжимной блок *8*, где и происходит отжим масла по методу двойного прессования. Масло собирается в маслосборнике,

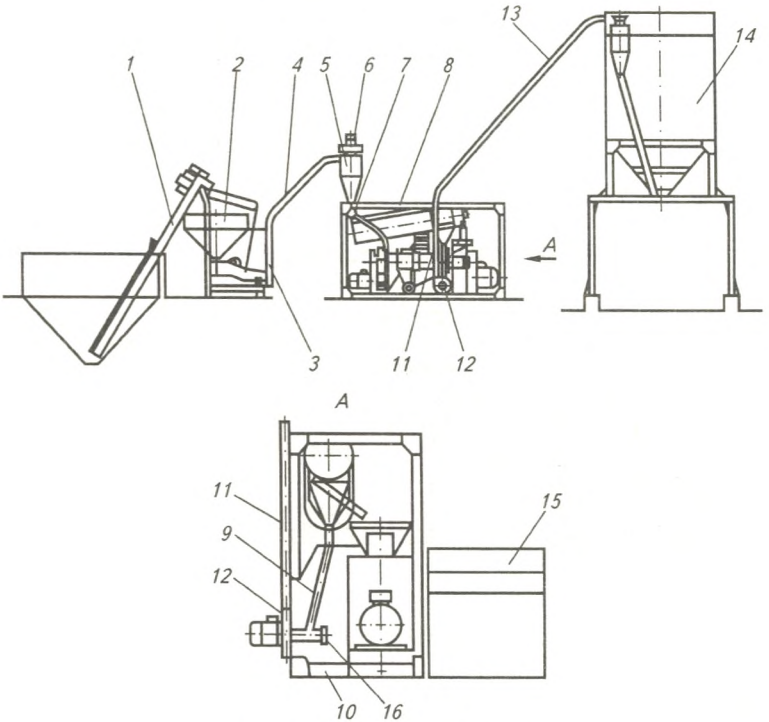

Рис. 5.3. Комплекс КМ 500:

1 – транспортер; 2 – бункер-питатель (сепаратор); 3 – пневмосепарирующий канал; 4 – пневмопровод; 5 – циклон-разгрузитель; 6 – вентилятор; 7 – затвор шлюзовой; 8 – блок маслоотжимной; 9 – материалопровод; 10 – рама; 11 – пневмотранспортная установка; 12 – вентилятор; 13 – пневмопровод; 14 – бункер; 15 – пульт управления; 16 – заглушка

а жмых по материалопроводу *9* поступает в нормализатор или в пневмотранспортную установку *11* и далее в бункер *14*. **Блок загрузки** предназначен для организации подачи и дозирования семян в маслоотжимной агрегат, а также очистки семян от механических примесей. Он состоит из транспортера, бункера-питателя и пневмопровода. В состав бункера-питателя входит сепаратор крупных примесей, бункер, сепаратор мелких примесей и механизм колебания сепаратора. Семена поступают в сепаратор крупных примесей, проходят через решето и ссыпаются в бункер, примеси поступают в лоток. Затем семена дозируются в сепаратор мелких примесей, где происходит отсев мелких включений, а очищенные семена подаются в пневмосепарирующий канал для очистки от примесей, отличающихся аэродинамическими свойствами. **Блок**

маслоотжимной (рис. 5.4) предназначен для переработки масличных культур (в т. ч. семян подсолнечника, льна, хлопчатника, горчицы и др.) и может работать как самостоятельно, так и в составе технологической линии комплекса КМ по технологии, исключающей обрушивание, предварительное измельчение и влаготепловую обработку семян.

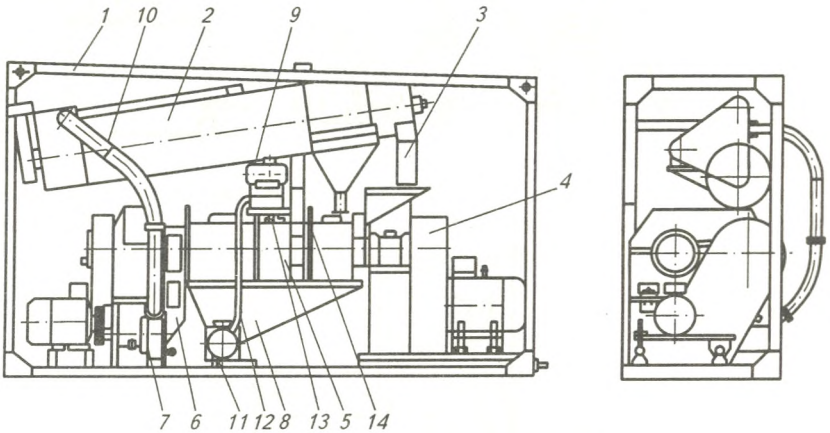

Рис. 5.4. Блок маслоотжимной БМ:

1 – рама; 2 – нормализатор; 3 – лоток; 4 – пресс предварительного отжима; 5 – пресс окончательного отжима; 6 – лоток; 7 – измельчитель; 8 – маслосборник; 9 – фильтр предварительной очистки; 10 – материалопровод; 11 – насос; 12 – рукав; 13 – штуцер; 14 – заслонка

Блок маслоотжимной состоит из нормализатора, пресса предварительного отжима, пресса окончательного отжима, измельчителя, маслосборника и фильтра предварительной очистки, смонтированных на одной раме. Семена поступают в нормализатор *2*, очищаются от мелких и прилипших к оболочке частиц, при этом происходит снижение влажности семян, поступающих на переработку. Из нормализатора по лотку с магнитной вставкой *3* семена подаются в пресс предварительного отжима масла *4*, где происходит отжим части масла через зеерные щели с последующим его стеканием в маслосборник *8*. Далее из пресса предварительного отжима жмых поступает в пресс *5* для окончательного отжима масла из материала. Жмых, полученный после окончательного отжима масла, измельчается в измельчителе *7* и поступает по материалопроводу *10* в нормализатор *2* или в пневмотранспортную установку. Прессовое масло, содержащее зеерную осыпь, пропускается через сетку фильтра предварительной очистки *9*. Выделенная осыпь подается в пресс окончательного отжима для повторного прессования. Блок загрузки жмыха состоит из пневмотранспортной установки и бункера.

Пневмотранспортная установка жмыха включает в себя отвод, вентилятор, пневмопровод.

Для дальнейшей доработки и повышения качества прессового масла рекомендуется использовать оригинальное энергосберегающее технологическое оборудование:

1. фильтр тонкой очистки КФМ 200;
2. комплекс рафинации растительных масел;
3. комплекс дезодорации растительных масел;
4. комплекс винтеризации растительных масел.

Фильтр тонкой очистки КФМ 200 (производительность 200 л/час) предназначен для вакуумной фильтрации растительных масел через перегородку из фильтрующей ткани с намытым слоем перлита и состоит из барабанного вакуум-фильтра, ресивера, вакуум-насоса, насоса и емкости для перлита. **Комплекс рафинации растительных масел** предназначен для очистки сырого растительного масла от фосфатидов, белков, свободных жирных кислот, влаги, продуктов окисления масла. Он состоит из гидрататора, аппарата щелочной рафинации, промывного вакуум-сушильного аппарата, емкостей для реагентов, вакуумной системы, парогенератора, жироуловителя и блока управления. **Комплекс дезодорации растительных масел** предназначен для устранения запаха и вкуса растительного масла и состоит из дезодоратора, скруббера-теплообменника, охладителя, вакуумной системы, пароподогревателя и блока управления. **Комплекс винтеризации растительных масел** используется для вымораживания и удаления восковых веществ из гидратированного и рафинированного масла и включает в себя емкости, теплообменники, вакуумный барабанный фильтр, ресивер, холодильный агрегат, вакуум-ресивер, вакуумный насос и блок управления.

5.2. Экстракционный метод получения соевого масла

Типовой процесс экстракции соевых семян включает в себя: подготовку семян; экстракцию масла растворителем; выделение растворителя из мисцеллы; отгонку растворителя из шрота (тостирование шрота). **Подготовительный процесс** начинают с **сушки** и **очистки семян**. Соевые семена влажностью до 12% можно направлять на переработку без дополнительной подсушки, если они не подлежат обрушиванию. В соответствии с ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках» ограничительная норма влажности для поставляемых семян сои – 12%. Перед обрушиванием семена необходимо подсушить до влажности 10%. Для выравнивания влажности, ослабления связи оболочки с ядром, облегчения процесса обрушивания, соевые семена после сушки

должны пройти стадию **отлежки** в течение 25–72 ч. В процессе переработки пересушенных или влажных семян могут возникнуть нежелательные проблемы при дроблении и экстракции в результате образования мелких частиц из сухих семян или раздавливания влажных семян без достаточного отделения оболочки. После сушки, несмотря на пройденную очистку перед закладкой на хранение, рекомендуется провести дополнительную очистку семян, которая необходима для получения высококачественного шрота и защиты технологического оборудования. Эффективная очистка производится пропусканием соевых семян через магнитный сепаратор и через многоходовый сепаратор с двумя ярусами сит и аспирацией.

Дробление высушенных и очищенных семян обычно проводят на вальцовых дробилках. Поверхность вальцов рифленая, соприкасающиеся вальцы вращаются с разной скоростью и установлены острием по острию. В должным образом высушенных и раздробленных семенах ядро достаточно легко отделяется от оболочки. При дроблении получают крупку для дальнейшего плющения. При этом размер лепестка пропорционален размеру соевой дробленки, которую можно сразу направлять на кондиционирование, плющение и экстракцию. Однако в случае необходимости выработки высокобелкового шрота (для использования, например, в птицеводстве) и для повышения производительности процесса экстракции перед кондиционированием от дробленки **отделяют оболочку**, содержание которой может быть на уровне около 8% от массы семян. Оболочку отделяют с помощью рассева и системы аспирации. При этом оболочку отдувают с верхнего сита, сход с нижнего сита поступает на классификацию и в аспиратор. Мелкая фракция, прошедшая через нижнее сито, и тяжелая фракция с аспиратора, состоящие в основном из ядра, подаются конвейером на кондиционирование. На вторичную систему отделения оболочки направляется продукт, накопленный в циклоне в результате аспирации с верхнего сита и из многоярусного аспиратора.

Далее соевую дробленку с отделенной (или неотделенной) оболочкой **кондиционируют** в вертикальных шахтных или ротационных горизонтальных жаровнях, нагревая ее приблизительно до 71 °С и впрыскивая пар или распыляя воду с целью доведения влажности до уровня, при котором материал имеет необходимую для плющения пластичность. По данным американских ученых (Д. Б. Верфел, Н. Х. Витт, 1995 г.), весьма эффективна новая **технология отделения оболочки соевых семян с использованием подогрева**, согласно которой перед дроблением и плющением производится отделение оболочки с разделенных на половинки семян. При этой технологии очищенные целые соевые семена нагревают до температуры около 60 °С в течение 20–30 мин (влага в результате диффундирует к поверхности). Затем семена вновь быстро нагревают и сушат для отслоения оболочки (температура на поверхности семян – до 85 °С,

снижение содержания влаги – на 1–3%), после чего расщепляют их на половинки с помощью рифленых вальцов, а оболочку высвобождают, используя принцип ударного воздействия или трения. После отделения с помощью аспирации освобожденной оболочки (с возможным последующим просеиванием) половинки семян дробят на четыре или восемь частей, охлаждают и сушат (кондиционируют до температуры 60–65 °С и влажности 11%, необходимых при плющении). На заключительной стадии подготовки соевых семян к экстракции проводят **плющение** дробленки на плющильных станках, состоящих из пары гладких вальцов большого диаметра (диаметр 60–80 см, длина 150–200 см). Вращающиеся с разными скоростями вальцы закрепляются без зазора между собой, толщина лепестка (от 0,2 до 0,5 мм) регулируется изменением давления между вальцами, создаваемого с помощью механической или гидравлической системы. Равномерная подача соевой дробленки по всей ширине каждой пары вальцов (с целью равномерной загрузки и износа) и их магнитная защита обеспечиваются с помощью питателя и магнитного сепаратора. С целью получения из лепестка пористых гранул для увеличения выхода масла при экстракции и облегчения отгонки растворителя, в некоторых случаях (после стадии плющения) в завершение подготовки семян к экстракции продукт пропускают через **экструдеры** или **экспандеры**, в которых обрабатывают лепесток паром при температуре от 105 до 120 °С. В экструдерах низкого давления происходит агломерация хлопьев и мелочи с образованием на выходе из аппарата при сбросе давления пористых гранул, в которые лучше проникает растворитель. В связи с тем, что вышедшие из экспандера гранулы имеют высокую температуру, для предотвращения испарения растворителя в экстракторе их необходимо охладить до температуры 60 °С. Для устранения ферментативной активности некоторые фирмы в США предусматривают между обычной подготовкой семян и экстракцией **дополнительную стадию влаготепловой обработки** с помощью темперирующего оборудования и сушилки-охладителя.

Экстракцию масла растворителем проводят в экстракторах, в которых твердая фаза лепестка контактирует с растворителем. Соевый лепесток погружают в растворитель или, наоборот, призводят фильтрацию растворителя через слой соевого лепестка, используя противоток лепестка и смеси масла с растворителем – мисцеллы. Возможно совместное использование указанных методов. В качестве растворителя обычно используют фракцию нефти, в основном состоящую из смеси насыщенных углеводородов (н-гексан, изогексан, метилциклогексан), для простоты обозначаемую как гексан. Фракция низкокипящих углеводородов химически инертна и не вызывает изменений в растительном масле и шроте, эффективно поглощая масло. Для экстракции используют гексан с минимальной температурой начала кипения 65 °С и максимальной температурой полного выпаривания 70 °С. По данным амери-

канских специалистов (Д. Б. Верфел, Н. Х. Витт, 1995 г.), в США наиболее широкое применение нашли следующие типы экстракторов: ротационный экстрактор (с глубоким слоем экстрагируемого материала); горизонтальный ленточный экстрактор; непрерывный петлевой экстрактор; экстрактор периодического типа. Более совершенным типом считается роторный карусельный экстрактор, представляющий собой камерный противоточный аппарат, который работает по принципу многоступенчатого орошения экстрагируемого материала растворителем в режиме затопленного слоя. **Ротационные экстракторы** состоят из серии концентрически расположенных ячеек, каждая из которых заполняется последовательно маслосодержащим материалом и вступает в контакт со все более концентрированной мисцеллой. Вновь загруженное сырье контактирует с концетрированной мисцеллой, а проэкстрагированный материал перед выгрузкой – со свежим растворителем. В **горизонтальном ленточном экстракторе** маслосодержащий материал промывается серией последовательных струй в режиме противотока на движущейся ленте ленточного конвейера, установленного с небольшим углом наклона вверх по направлению движения. Мисцелла, пройдя через слой материала и решетку, из приемных желобов под конвейером насосом подается в распылители, расположенные над слоем экстрагируемого материала на ленте (циркуляция мисцеллы), а наиболее концентрированная мисцелла направляется на отгонку растворителя (экстрактор типа «Экстракш Де Смет»). Горизонтальные ленточные экстракторы работают по способу ступенчатого орошения (рис. 5.5).

В **непрерывном петлевом экстракторе** осуществляется прямоточная, противоточная фильтрация и погружение экстрагируемого материала. При движении конвейера в горизонтальном и вертикальном направлении (по петле) неглубокий слой лепестка полностью переворачивается, что обеспечивает хороший контакт, быстрый дренаж и более полное извлечение масла из многих видов сырья. Многостадийная экстракция и отгонка растворителя в **экстракторах периодического типа** проводится последовательно по операциям в отдельных емкостях. Существуют шнековые экстракторы конвейерного типа с противоточным движением сырья и растворителя.

После процесса экстракции из масляной мисцеллы выделяют растворитель. Для этого мисцелла пропускается в вертикальном аппарате по трубкам, в которых она подогревается, в результате чего растворитель испаряется и поступает на конденсатор. Оставшуюся концентрированную мисцеллу насосами подают в дистиллятор-испаритель, подогреваемый водяным паром. Для отгонки остаточных количеств растворителя масло направляют на стриппинг-колонну, где концентрированная мисцелла, стекая вниз, контактирует в условиях достаточного вакуума с паром, впрыскиваемым в днище аппарата. Для выделения растворителя пар из стриппинг-колонны поступает на конденсатор.

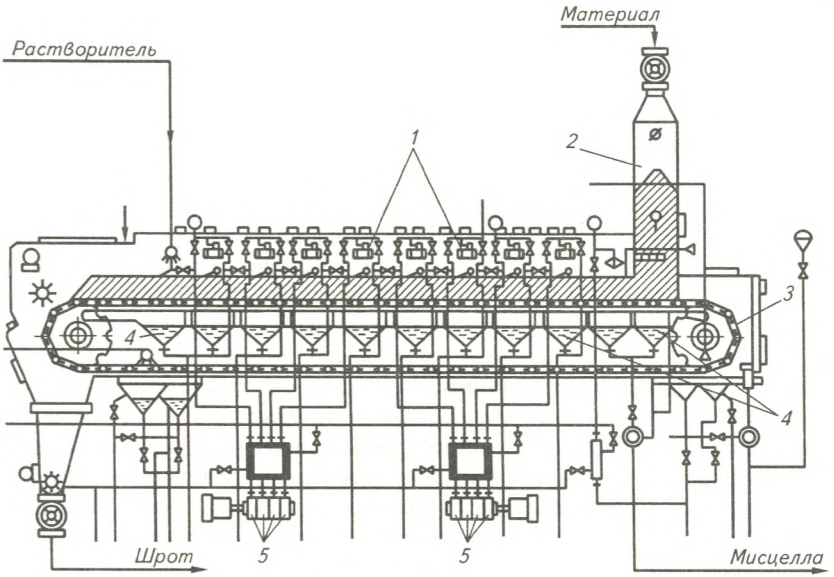

Рис. 5.5. Горизонтальный ленточный экстрактор МЭЗ:

1 – форсунки, через которые подается мисцелла или чистый растворитель; 2 – загрузочный бункер, в который поступает продукт, направляемый на экстракцию; 3 – пластинчатый ленточный транспортер – рабочий орган экстрактора, расположенный внутри сварной прямоугольной коробки из листовой стали; 4 – мисцеллосборники; 5 – блок-насосы, осуществляющие подачу мисцеллы на рециркуляцию

Выделенное в процессе экстракции сырое соевое масло направляется на переработку с целью удаления загрязнений, красящих, ароматических и вкусовых веществ. В процессе **гидратации** соевого масла выделяют фосфатиды. Соевое масло является основным источником промышленного получения лецитина. Лецитины, выделяемые при гидратации соевого масла, используют в качестве антиокислителей и эмульгаторов. Фосфолипиды способствуют поддержанию в однородном состоянии эмульсий, что необходимо при изготовлении майонезов, маргаринов, соусов. Использование в пищевых продуктах липосомальных* систем эффективно защищает от внешних воздействий, сохраняет запах и вкус. Препараты фосфолипидов повышают иммунитет, способствуют замедлению процессов старения организма человека, улучшению функции печени, состояния нервной системы, снижению уровня холестерина в крови.

---

* Липосомы – липидные везикулы (пузырьки), внешняя часть которых состоит из фосфолипидов, ориентированных полярными группировками в водную фазу.

Защитная функция фосфолипидов связана с их участием в образовании мембранных структур, в частности, липосом. Липосомы провоцируют иммунную защиту за счет активации макрофагов во всем организме. Искусственно получаемые липосомы могут служить для транспорта лекарственных веществ.

Перед гидратацией соевое масло фильтруют для удаления мелких частиц шрота. Далее к горячему маслу (70 °С) добавляют мягкую воду (1–2% от объема) и перемешивают в аппарате с мешалкой в течение 30–60 мин. Впоследствии продукт отстаивают и центрифугируют, выделяя сырой гидратационный осадок, который подлежит сушке. Масло из центрифуги после нагрева направляется в вакуумную сушилку и в охладитель.

Для удаления свободных жирных кислот используют процесс **щелочной или паровой рафинации**. При щелочной рафинации сырое масло смешивают с щелочью – NaOH, в результате чего образуются мыла, и нежелательные вещества неглицеридной природы начинают оседать. Осевшая более тяжелая, чем масло, водная фаза – **соапсток** – удаляется, а оставшееся масло промывается горячей мягкой водой при достаточном перемешивании, отстаивается, центрифугируется и сушится. Процесс физической, или паровой, рафинации соевого масла аналогичен процессу дезодорации.

Отбеливание соевого масла проводят для улучшения его цвета посредством снижения содержания или удаления пигментов, а также для устранения в нейтрализованном масле продуктов окисления, фосфатидов, мыл, следов металлов. Считается, что отбеливание может улучшать вкус и запах рафинированного соевого масла. В классическом процессе отбеливания нейтрализованное масло смешивают с определенным количеством (0,3–0,6%) отбеливающего материала (активированные глины – бентониты, активированный уголь, силикаты), перемешанную смесь нагревают до температуры 110–120 °С и выдерживают 20–30 мин. Далее, после охлаждения смеси до 70–80 °С, ее фильтруют, а масло отправляют на дезодорацию.

Дезодорация является заключительной стадией процесса рафинации соевого масла. При дезодорации масло обрабатывают паром, который впрыскивается в соевое масло при низком абсолютном давлении (1–6 мм рт. ст.) и высокой температуре в течение 15–60 мин. Сухой пар подается через отверстия в трубках, расположенных в нижней части дезодоратора, заполненного маслом. В результате такой обработки удается отогнать свободные жирные кислоты, одорирующие вещества (отделить летучие вещества от масла).

В Российской Федерации довольно часто используется метод получения масла из семян сои путем его **последовательного извлечения (форпрессование – экстракция)**: на первом этапе механическим (прессовым методом) с выделением более 3/4 всего масла, а на втором этапе –

химическим (экстракционным) методом, когда выделяется оставшееся масло. Отгонку растворителя из шрота на втором этапе проводят на тостерах-испарителях чанного типа. Технологическая схема форпрессования-экстракции может включать следующие операции: дробление и плющение подготовленных соевых семян; жарение продукта; прессование на шнековом или гидравлическом прессе с выделением нерафинированного масла и прессового жмыха; измельчение прессового жмыха; экстракция масла растворителем из измельченного прессового жмыха. Однако, как уже отмечалось, американскими специалистами установлено, что при масличности семян сои на уровне 18–20% после прямой экстракции лепестка или гранул получается соевый шрот с остаточной масличностью 0,5–1,5%, использование же предварительного отжима масла приводит к излишним затратам. Соевое масло экстрагируется достаточно легко и при меньших затратах времени по сравнению с продолжительностью переработки семян других масличных культур. Поэтому использование на маслоэкстракционных заводах при переработке семян сои технологических схем, включающих форпрессование (предварительный отжим масла) и экстракцию масла из **жмыховой ракушки**, менее эффективно по сравнению с прямой химической экстракцией из соевого лепестка или экструзионных гранул.

5.3. Обработка соевого шрота и переработка соевого масла

Проэкстрагированный соевый лепесток при выходе из экстрактора может содержать до 1/3 гексана от своей массы, поэтому на первой стадии обработки шрота необходимо провести **выделение остаточного гексана**. С этой целью, а также для улучшения качества протеина, снижения активности ингибиторов трипсина и уреазы, проводится **тепловая обработка (тостирование) шрота** при температуре 100–105 °С и влажности 16–24% в течение 15–30 мин. Шрот обрабатывается острым паром, при конденсации которого в результате контакта с пропитанным гексаном проэкстрагированным лепестком выделяется потенциальная теплота, способствующая испарению растворителя. Конденсат, кроме того, повышает влажность продукта, что необходимо в процессе тостирования. После отгонки растворителя шрот **высушивают** в сушилке до влажности около 12% и **охлаждают**. На заключительной стадии обработки в определенных случаях проводят **измельчение и калибровку** шрота на молотковых дробилках или вальцовых мельницах с просеиванием на цилиндрических вращающихся ситах или виброситах для получения частиц требуемого размера. В настоящее время существуют современные конструкции аппаратов, объединяющие операции отгонки растворителя, тостирования, сушки и охлаждения (например, аппарат ДТСО – десольвантизатор-тостер-сушилка-охладитель).

Дальнейшая переработка соевого масла основана на использовании некоторых особенностей изменения свойств растительных жиров в результате определенных химических превращений. Как известно, **ацилглицерины** (в основном триацилглицерины), представляющие собой сложные эфиры глицерина и высокомолекулярных карбоновых кислот, составляют основную массу **липидов** сырого соевого масла. В состав липидов, наряду с ацилглицеринами (называемыми жирами или маслами), входят воски и фосфолипиды, а в **сыром растительном жире**, кроме липидов, содержатся также **стерины** (алициклические вещества, входящие в группу стероидов), **жирорастворимые пигменты** (например, каротиноиды и хлорофилл) и **витамины** (витамин Е), **изопреноиды**. При необходимости жидкое соевое масло превращают в твердые жиры с помощью **гидрогенизации**, заключающейся в присоединении водорода по месту двойных связей непредельных жирных кислот. Процесс **гидрирования ацилглицеринов** соевого масла проводят с помощью специальных катализаторов, а гидрогенизированные растительные масла широко используют в пищевой промышленности при изготовлении маргаринов.

Практическое значение для производства компонентов маргариновой продукции имеет группа реакций, при которых идет **обмен ацильных групп** (остатков жирных кислот), что приводит к образованию молекул новых ацилглицеринов. Пластичные жиры с высоким содержанием линолевой кислоты и отсутствием транс-изомеров жирных кислот можно получать в результате **межмолекулярной и внутримолекулярной переэтерификации** высокоплавких животных и растительных жиров с жидкими растительными маслами. Триацилглицерины при температуре 80–90 °С в присутствии катализаторов могут обмениваться ацилами (реакция переэтерификации), образуя переэтерифицированные жиры с температурой плавления 25–35 °С, которые находят применение в хлебопечении, при производстве кондитерского и аналогов молочного жира и т. д.

Образование ди-, моноацилглицеринов, и в конечном итоге – жирных кислот и глицерина возможно под влиянием щелочей, кислот, фермента липазы, специальных смесей в результате **гидролиза триацилглицеринов**. Гидролиз (разложение сложных веществ до более простых с присоединением молекулы воды) эффективно протекает в присутствии кислотных катализаторов (сульфокислоты, H_2SO_4) при 100 °С и избытке воды, а в отсутствие катализаторов расщепление проводят при температуре 220–225 °С и давлении 2–2,5 МПа. Мыло из соевого масла получают при его гидролизе концентрированными водными растворами гидроксида натрия.

В России при переработке соевого масла чаще всего производят маргарины, майонезы, глицерин, выделяя в качестве ценных сопутст-

вующих веществ **лецитин** и **стеарин**, а остаточные продукты выделения масла – **жмых** или **шрот** – используют как сырье для получения полуобезжиренной, обезжиренной соевой муки, крупы и как высококонцентрированный белковый корм для животных.

Контрольные вопросы

5. Каковы особенности применения технологии механического отжима соевого масла?
6. Охарактеризуйте технологический процесс получения соевого масла с помощью шнековых прессов.
7. Каковы особенности подготовительного процесса перед проведением химической экстракции масла из соевых семян?
8. Каким образом проводится экстракция соевого масла с помощью растворителя?
9. Назовите и кратко охарактеризуйте основные типы экстракторов, применяемых в процессе химической экстракции соевого масла.
10. С какой целью проводится очистка сырого экстракционного соевого масла?
11. Как проводится гидратация соевого масла?
12. Каковы особенности и назначение щелочной рафинации соевого масла?
13. С какой целью и каким образом проводится отбеливание соевого масла?
14. В чем заключается сущность процесса дезодорации соевого масла?
15. Назовите основные технологические операции обработки соевого шрота.
16. Каковы сущность и практическое значение реакции переэтерификации?
17. Каким образом жидкое соевое масло превращают в твердые жиры?
18. Как используется на практике реакция гидролиза триацилглицеринов?

Глава 6

Производство соевых белковых продуктов

6.1. Производство жирной и обезжиренной соевой муки и крупы

Промышленностью производится необезжиренная (полножирная), полуобезжиренная и обезжиренная соевая мука, представляющая собой в зависимости от вида и сорта мелкодисперсный порошок с размером частиц от 5 до 120 мкм, от белого, светло-желтого, желтого до темно-кремового цвета.

Выпускаемая энзиматически активная соевая мука может быть как жирной, так и обезжиренной. Производство **энзиматически активной жирной соевой муки,** как правило, включает следующие стадии:

1. дробление очищенных соевых семян на 6–8 частей и удаление оболочки аспирацией;
2. пропуск дробленки через вращающиеся разноскоростные рифленые вальцы;
3. удаление оболочки с помощью вибросит и системы аспирации;
4. двухстадийное измельчение в муку очищенной от оболочки дробленки на молотковой дробилке или ударно-вихревом измельчителе с отделением между помолами грубой фракции от мелкой с помощью воздушной классификации.

Для ослабления связи оболочки с ядром можно перед дроблением проводить гидротермическую обработку семян сои. По данным Американской соевой ассоциации, в США термически обработанную – **тостированную – жирную соевую муку и крупу** с инактивированными нежелательными ферментами (например, липоксигеназой) обычно производят по технологической схеме, включающей: обработку очищенных соевых семян паром при небольшом давлении в течение 20–30 мин; охлаждение и высушивание семян; дробление и пропуск через вибросито и систему аспирации для удаления оболочки; измельчение и рассеивание продуктов измельчения с выделением жирной муки и крупы.

В РФ процесс переработки семян сои в дезодорированную соевую муку обычно включает в себя следующие операции: очистку семян от примесей; дезодорирование; сушку; шелушение для удаления оболочки и зародыша; размол. Очистку семян при этом осуществляют на сепараторах с диаметром отверстий верхнего и нижнего сит 10 и 3,5–4 мм соответственно. Испорченные семена отделяются на пневмосортировальных столах. Дезодорирование производится проточным насыщенным паром при давлении 0,15 МПа в шнеках. Наиболее эффективно проведение дезодо-

рирования дробленых семян сои после сушки и шелушения. Сушку проводят, как правило, в шахтных зерносушилках. Хорошие результаты получены при сушке сои в установках реактивного типа горячим воздухом во взвешенном состоянии (производительность 3,5–5 т/ч). На таких установках в течение очень непродолжительного времени возможно нагреть семена до температуры 130–160 °С, что приводит при испарении естественной влаги семян к возникновению давления и разрушению уреазы, ингибиторов трипсина и др. антипитательных веществ. В результате сушки влажность семян снижается с 13–14% до 6–7%. Для шелушения сои используются обоечные машины с наждачным и металлическим цилиндром. Размол сои с влажностью 6–8% (оптимальной считается влажность 6–6,5%) осуществляется на двух-трех драных системах и шести-семи размольных. Системы имеют нарезные вальцы, на последних размольных системах для измельчения промежуточных продуктов после вальцовых станков устанавливают деташеры. Просеивающая поверхность должна быть примерно на 1/5 часть больше, чем при размоле зерна пшеницы.

В Российской Федерации неплохие результаты при производстве соевой крупы и муки получают на технологической линии, разработанной предприятием «Сигма». Линия усовершенствована специалистами Всероссийского НИИ сои путем использования в ней штифтового измельчителя, позволяющего получать соевую крупку более однородного гранулометрического состава (рис. 6.1).

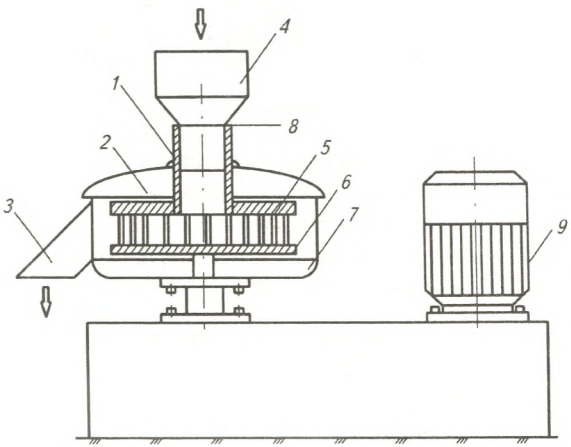

Рис. 6.1. Конструктивно-технологическая схема штифтового измельчителя (С. М. Доценко и др., 2002 г.):

1 – загрузочный патрубок; 2 – крышка корпуса; 3 – выгрузной патрубок; 4 – приемный бункер (воронка); 5 – неподвижный диск со штифтами; 6 – подвижный диск со штифтами; 7 – корпус; 8 – регулировочная задвижка; 9 – электродвигатель

По данным специалистов ВНИИ сои (С. М. Доценко и др., 2002 г.), в Амурской области успешно работает цех с указанной линией производства соевой крупы и муки (рис. 6.2). В соответствии с технологической схемой (рис. 6.3) очищенные и откалиброванные семена сои норией *1* подаются в агрегат термообработки *2*. Сначала семена пропариваются острым паром при температуре 98–100 °С в течение 6–8 мин до содержания влаги 13–15%, а затем поступают на сушку во вращающийся барабан, где обычно в течение 10 мин удаляется капельная влага с помощью потока воздуха, нагнетаемого вентилятором из помещения. Из сушильного барабана соевые смена поступают во вращающийся обжарочный барабан на обжаривание (до достижения 9% влагосодержания) при температуре 108–115 °С с помощью пара, подаваемого под давлением не менее 0,6 МПа в трубную решетку.

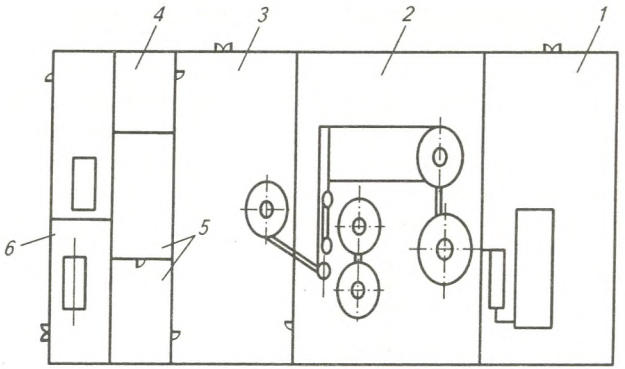

Рис. 6.2. План цеха по производству соевой крупы и муки с размещением технологического оборудования (С. М. Доценко и др., 2002 г.):

1 – приемное отделение и склад сырья; 2 – производственное помещение; 3 – склад готовой продукции; 4 – лаборатория; 5 – служебное помещение; 6 – котельная

Обжаренные семена направляются во вращающийся барабан на охлаждение до температуры 70–75 °С встречным потоком воздуха, подаваемым из помещения. Охлажденные обжаренные семена сои поступают в шелушильную машину *3*, где происходит отделение оболочек и разделение семени на семядоли. Крупка и шелуха, полученные на шелушильной машине, разделяются на сепараторе *4*. Шелуха, пригодная для использования в комбикормах, с помощью аспирационной системы поступает в бункер-накопитель, а крупка пневмотранспортом подается в бункер-накопитель *5* для соответствующей выдержки в течение 24 часов при нормальных условиях. После этого крупка вибротранспортером

направляется на штифтовый измельчитель *7* для предварительного измельчения и разделения на фракции. При необходимости продукт может подаваться в вихревую мельницу *8* для тонкого измельчения (помол 28 мкм). Полученная таким образом соевая крупа находит применение при приготовлении каш или крупяных смесей на основе рисовой, гречневой, перловой крупы, пшена.

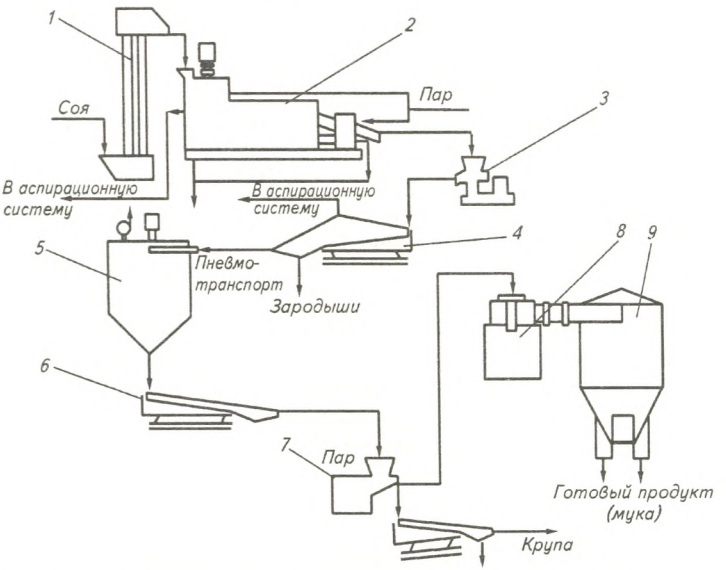

Рис. 6.3. Технологическая схема производства соевой белковой добавки в виде крупки и муки (С. М. Доценко и др., 2002 г.):

1 – нория; 2 – агрегат для термообработки семян сои; 3 – шелушильная машина; 4 – сепаратор; 5 – бункер-накопитель; 6 – дозатор; 7 – мельница; 8 – мельница вихревая; 9 – циклон-разгрузчик

В ряде стран для приготовления высокобелковой пищи и напитков используют **экструдированную жирную соевую муку**, получаемую с помощью экструдеров разного типа. В некоторых варочных экструдерах измельчают и прогревают целые соевые семена, в других случаях семена предварительно дробят на рифленых вальцах, удаляют с помощью сита и аспирации оболочку, инактивируют липоксигеназу, применяя кондиционирование сухим нагревом, и в заключение увлажняют (до 20%) и экструдируют продукт. **Обезжиренную соевую муку и крупу** производят из **белого лепестка**, полученного в результате обезжиривания растворителем соевого лепестка, произведенного, в свою очередь, из расплющенных дробленых и очищенных от оболочки, прошедших темперирование сое-

вых семян. Обезжиренная соевая мука может содержать до 49–54% (на сухой вес) белка, около 1% жира, около 38% общих углеводов, в том числе – 15% растворимых моно- и олигосахаридов и 23% полисахаридов, которые при производстве соевых белковых высококонцентрированных продуктов должны быть удалены. Белый лепесток, соевая мука и крупа отличаются гранулометрическим составом. Для получения крупы белый лепесток обычно измельчают на вихревых мельницах, молотковых дробилках, классификационных мельницах. При этом технологическим процессом предусмотрен контроль размера частиц с помощью воздушной классификации или с использованием сит.

Полуобезжиренную соевую муку, крупу (содержащую обычно 4–6% масла) производят измельчением соевого жмыха, полученного при механическом прессовании очищенных и прошедших темперирование соевых семян. **Лецитинированную соевую муку** и **муку с восстановленным содержанием жира** получают при добавлении в обезжиренную муку 1–15% лецитина или рафинированного, отбеленного, дезодорированного масла. Такая мука более устойчива при хранении, имеет лучшие показатели стабильности, чем жирная соевая мука, содержащая активную липоксигеназу и липазу – ферменты, способствующие образованию запахов и привкуса прогорклости. Соевая мука с указанными добавками, благодаря эмульгирующим свойствам лецитина, используется в хлебопечении, при производстве кондитерских изделий, холодных напитков, улучшает диспергируемость муки и других ингредиентов, придает рассыпчатость тесту.

6.2. Производство соевых белковых концентратов

Из очищенных от оболочки и обезжиренных семян сои путем удаления большей части водорастворимых веществ получают **соевые белковые концентраты** с содержанием белка не менее 65% в пересчете на сухое вещество. Соевые белковые концентраты производят тремя базовыми способами, основанными на технологиях:

1. кислотной промывки белого лепестка или муки;
2. спиртовой экстракции белого лепестка 20–90% водным раствором этилового спирта;
3. обработки сырья влажным паром с последующей водной экстракцией.

В результате использования экстрагентов, не растворяющих большинство белков, можно удалить нежелательные вещества, большую часть водорастворимых углеводов и минеральных веществ, не теряя при этом белок. По данным американских специалистов (Э. Лусас, Ки Чун Ри, 1995 г.), белковые концентраты традиционно получают из обезжиренного соевого лепестка, используя непрерывно-противоточный цеп-

ной или ленточный экстрактор. Сушку продукта проводят с помощью вакуумной сушилки и измельчения или системы газовой трубы. При применении в качестве сырья для производства белковых концентратов соевой муки, полученной из белого лепестка, ее суспендируют в растворителе, концентрируют на декантерах (отстойниках для отделения твердых веществ при сцеживании), при необходимости повторно экстрагируют и сушат распылением на сопловых форсуночных сушилках или сушилках с роторной распылительной головкой.

При водно-спиртовой экстракции (рис. 6.4) получают концентрированный соевый белок с низким коэффициентом диспергируемости белка (PDI) и повышенной степенью денатурации.

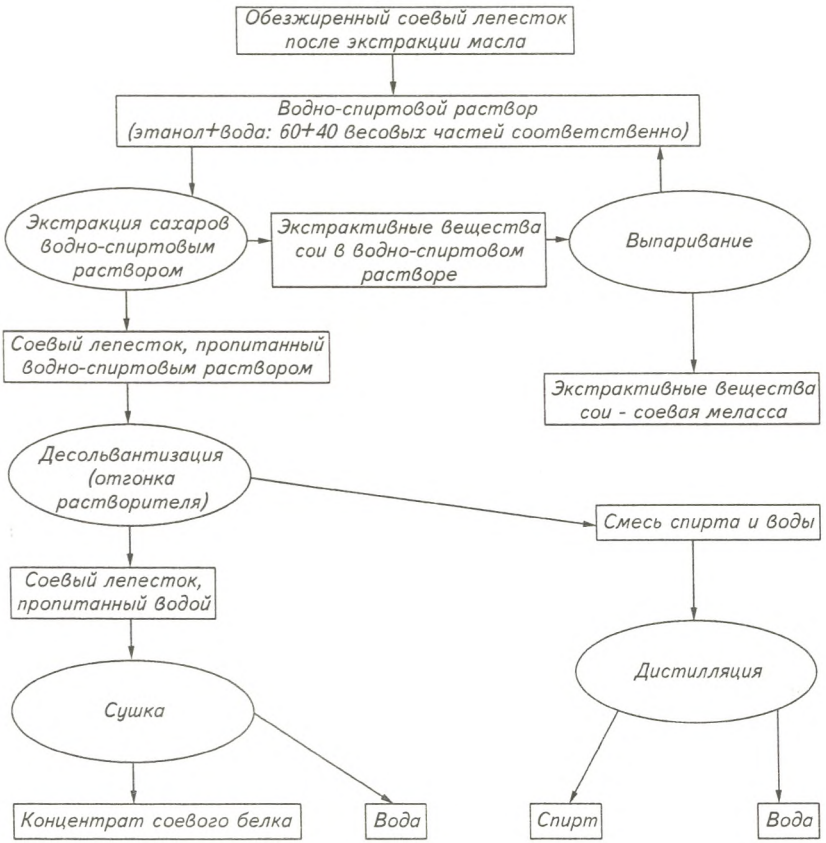

Рис. 6.4. Схема производства соевого концентрата традиционным методом спиртовой экстракции (М. Ф. Кемпбелл, 1985 г.)

Растворимость белка в этом случае может быть восстановлена в слабощелочной среде. С целью восстановления высоких значений индекса растворимости азота (NSI) после экстракции концентраты подвергают сдавливанию и кавитации (образование в капельной жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью) в процессе центробежной гомогенизации при повышенной температуре и в слабощелочной среде. Полученные методом спиртовой экстракции соевые белковые концентраты с низкой растворимостью в воде для увеличения растворимости и функциональности могут подвергаться термообработке инжекцией пара или паром в трубе под давлением («экспресс-варке») и механической обработке (гомогенизации). Необходимо отметить, что в результате спиртовой экстракции удаляются изофлавоны (фитоэстрогены), которым придается особое значение при производстве полезных для здоровья человека белковых продуктов. Промышленные образцы соевых концентратов вымачивают в мясном соке и добавляют в пиццу, мясные соусы, пирожки.

В связи с тем, что большинство соевых белков представлены солерастворимыми глобулинами, нерастворимыми в изоэлектрической точке при pH 4,5, при применении метода **кислотной промывки** pH водной суспензии соевого лепестка или муки доводят до 4,5 с помощью соляной кислоты. Типичный процесс кислой промывки характеризуется соотношением воды и лепестка (или муки) в пределах 10–20:1. Экстракцию осуществляют в течение 30–45 мин при температуре 40 °С. Для отделения твердой фракции используют декантеры или центрифуги, при необходимости проводят повторную промывку и центрифугирование. После вымывания и удаления растворимых сахаров и минеральных элементов pH влажного кислого тестообразного осадка доводят до 6,8, используя натриевую или кальциевую щелочь, и подвергают его сушке распылением при температуре на входе и выходе сушилки 157 и 86 °С соответственно. Нейтрализованные концентраты, полученные таким образом, имеют более высокое содержание водорастворимых белков в сравнении с концентратами, полученными методами спиртовой экстракции или термоденатурации. В концентратах, полученных с помощью кислотной или горячей промывки, содержится меньшее количество минеральных веществ.

Технологическая схема **горячей промывки** соевой муки основана на денатурации протеина с помощью влаготепловой обработки и включает в себя следующие операции:

1. приготовление тестообразной массы из воды и соевой муки;
2. нагревание смеси под давлением для денатурации протеина;
3. экструдирование с целью образования пористой структуры продукта;
4. промывка экструдата горячей водой для удаления водорастворимых веществ.

При изготовлении высокобелковых хлебобулочных, кондитерских, макаронных изделий находят широкое применение порошкообразные концентраты, получаемые описанными способами. В большинстве случаев соевые белковые концентраты экструдируют, получая текстурированные продукты в форме полосок, нитей, хлопьев, которые используются в качестве наполнителей или заменителей мясных блюд.

6.3. Получение изолятов соевых белков

Изоляты представляют собой наиболее высокоочищенную форму соевых белков, получаемых в результате удаления из очищенных от оболочки и обезжиренных семян большинства небелковых соединений. Традиционная схема получения соевого белкового изолята, по которой производится большинство выпускаемых изолятов, включает экстракцию, осаждение и нейтрализацию белкового компонента при определенных условиях pH с последующей распылительной сушкой продукта. Водная суспензия соевой муки имеет pH на уровне около 6,8 и 85%-ную растворимость протеина, а при pH 10 его растворимость увеличивается до 95%. Поэтому белок экстрагируют из обезжиренного соевого лепестка при помощи воды, доводя pH раствора добавлением гидроокиси натрия до значений щелочной среды (pH около 10). Промышленная технологическая схема получения соевого изолята методом **щелочной экстракции** (рис. 6.5) обычно включает следующие операции:

1. растворение протеина, содержащегося в обезжиренном соевом лепестке или шроте, с помощью щелочного раствора (pH 9–11) при соотношении экстрагируемого материала и растворителя 1:10–20 и при температуре 60 °С;
2. разделение суспензии с удалением нерастворимого остатка шрота (клетчатки) с помощью центрифуги и осветление экстракта с выделением шлама (осадка в виде мелких частиц, выделяющихся при отстаивании или фильтрации жидкости);
3. осаждение протеина 10% соляной кислотой с образованием творожистой массы в результате выпадения (при pH 4,2–4,5) в осадок большей части белка;
4. отделение сыворотки от концентрированной суспензии белка центрифугированием;
5. промывку сгущенной белковой суспензии водой с отделением промывной воды при повторном концентрировании с помощью центрифуги;
6. нейтрализацию сгущенной суспензии 5% NaOH (или гидроксидом кальция) до исходного pH 6,8;

7. распылительную сушку нейтрализованной белковой суспензии при температуре на входе в сушилку 157 °С, а на выходе – 86 °С;
8. упаковку сухого белкового изолята.

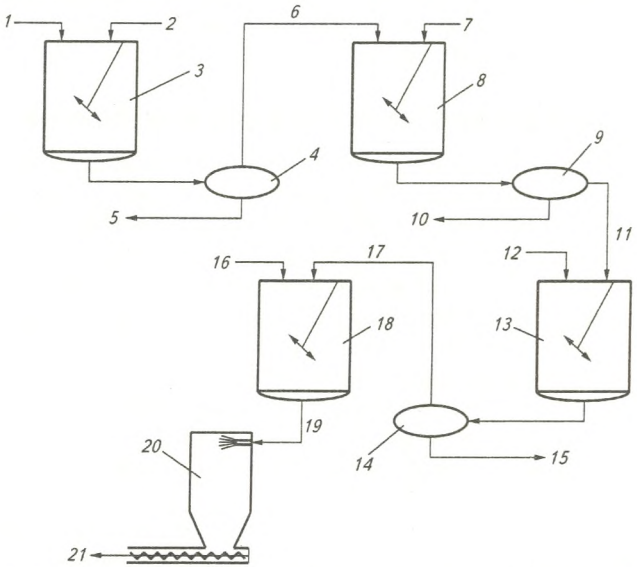

Рис. 6.5. Схема промышленного получения изолятов соевых белков (В. Д. Вольф, 1983 г.):

1 – обезжиренный соевый лепесток; 2, 16 – вода и щелочь; 3 – экстрактор; 4, 9, 14 – центрифуги; 5 – нерастворимый остаток шрота; 6 – осветленный экстракт; 7 – пищевая кислота; 8 – осадитель; 10 – сыворотка; 11 – кислая белковая паста; 12 – вода; 13 – емкость для промывки; 15 – промывная вода; 17 – промытая паста; 18 – диспергатор; 19 – дисперсия белка; 20 – распылительная сушилка; 21 – соевый протеинат натрия

Разработаны мембранные технологии получения соевых белковых изолятов при использовании способов разделения, основанных на разнице молекулярных масс, – **ультрафильтрации** и **обратного осмоса** (рис. 6.6).

Ультрафильтрацию используют для удержания на фильтре или для пропускания через фильтр с подобранным размером микропор молекул определенного вещества. При ультрафильтрации мембраны пропускают молекулы сравнительно большого размера. Обратный осмос применяется при обезвоживании и концентрировании продукта. Такой способ концентрирования основан на способности специальных селективных мембран пропускать только воду, задерживая вещества, имеющие небольшую молекулярную массу.

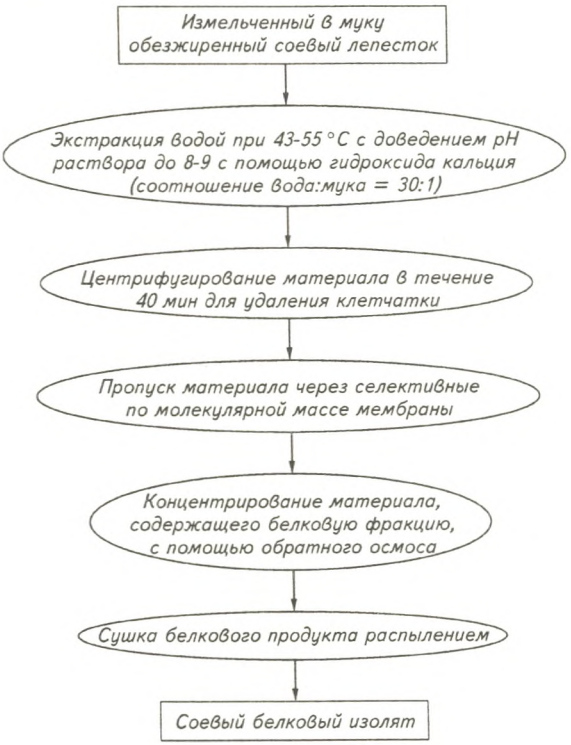

Рис. 6.6. Схема выделения соевых белков с использованием мембранных технологий (Д. Т. Лаухон, 1983 г.)

Разработаны технологии получения соевых белковых изолятов способом водной и солевой экстракции. Процесс **водной экстракции** с целью получения изолятов соевых белков включает в себя следующие основные этапы (Д. Т. Лаухон и др., 1981 г.):

1. очистку и сушку соевых семян (при 70 °С до влажности 6%);
2. удаление оболочки семян дроблением и аспирацией;
3. измельчение дробленки в мельнице-дезинтеграторе;
4. экстракцию масла и белка в течение 30 минут при соотношении твердой фазы и воды 1:12 при температуре 60 °С, pH 9 (т. к. неденатурированный соевый белок лучше всего растворяется при pH 1,5–2,5 и 7–12, а хуже всего – в изоэлектрической области значений при pH 4,2–4,6) с добавлением для инактивации липоксигеназы 0,01%-ного пероксида водорода;
5. центрифугирование полученной суспензии с целью разделения на водную, твердую и маслоэмульсионную фракции;

6. выделение масла из маслоэмульсионной фракции;
7. доведение pH водной фракции до 4,5 с помощью соляной кислоты для отделения белка с последующим выделением его центрифугированием;
8. промывку белкового осадка с целью увеличения доли протеина;
9. сушку промытой белковой пасты на распылительной сушилке.

Остаточная масличность в полученных таким образом изолятах соевого белка может составлять 8–10%. Твердую фракцию, образовавшуюся после первой щелочной экстракции, можно повторно проэкстрагировать при гидромодуле 1:5 и pH 9 с последующим центрифугированием, а полученные фракции объединить с выработанными при первичном центрифугировании. Получаемые в результате белковые концентраты и изоляты высокоустойчивы к окислению и отличаются рядом полезных функциональных свойств.

Способ получения соевых белковых изолятов методом **солевой экстракции** основан на использовании для экстрагирования солевого раствора определенной ионной силы* (0,3–0,6 М) при pH 5,0–6,8 и температуре 15–25 °С. После экстрагирования проводят концентрирование полученного экстракта до 1/3 объема и разбавление до достижения ионной силы раствора менее 0,2 М для образования мицелл белка, осаждающихся в виде аморфной массы, которую направляют на сушку или дальнейшую переработку (Е. Д. Мюррей и др., 1980 г.).

Промышленно получаемые соевые изоляты содержат не менее 90% протеина на абсолютно сухое вещество и находят широкое применение в пищевой промышленности при производстве белковых добавок, мясных продуктов, замороженных десертов, композиций смешанных соусов, сухих концентрированных напитков. С целью повышения диспергируемости и уменьшения пылеобразования к изолятам добавляют лецитин.

На основе соевого изолята получают **белковые пенообразователи** с высокой пенообразующей способностью, которые могут эффективно использоваться при частичной замене яичных белков в рецептурах различных пищевых продуктов (например, взбитых яичных изделий). Для получения белковых пенообразователей изолят соевого белка растворяют при низких значениях pH, полученный раствор ферментируют в течение 12–24 часов (с использованием, например, пепсина). По завершении стадии ферментативного гидролиза с помощью центрифуги из продукта удаляется нерастворимый осадок, а раствор высушивается распылением после доведения pH до 5,2. Частичный гидролиз белков с помощью ферментов приводит к снижению молекулярной массы соевых

---

* Ионная сила характеризует электрическое поле растворов электролитов; численно равна полусумме произведений молярных концентраций ионов на квадраты их валентности.

белков, что, наряду с изменением растворимости, улучшает их пенообразующую способность и стабильность пены. В связи с этим получаемые таким образом **гидролизаты соевых белков** используются при производстве сладостей, сахарной глазури, кремов для тортов, применяются в готовых смесях в качестве компонента, способствующего лучшему взбиванию продукта, а в напитках – в качестве пенообразователя.

При производстве соевых изолятов, после экстракции белка перед сушкой возможно проведение их **ферментативной модификации** с помощью протеолитических ферментов растительного, микробного и животного происхождения.

6.4. Текстурирование соевых белков

Из концентратов, полученных традиционным методом спиртовой экстракции или в результате кислотной промывки, получают **текстурированные соевые белковые концентраты**. Текстурирование соевых белков в основном проводят с использованием двух способов механического воздействия: экструдирования и прядения. С помощью **экструдеров** получают продукт с необходимой структурой в виде волокон или кусочков (наподобие лапши или вермишели) (рис. 6.7).

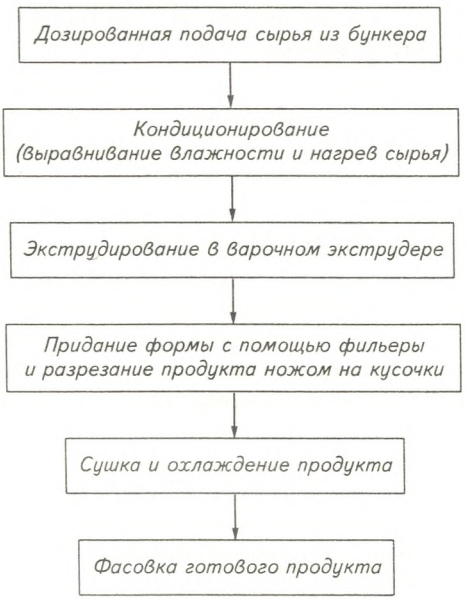

Рис. 6.7. Схема производства текстурированных соевых белков

Существует множество различных конструкций экструдеров (шнековые, валково-шестеренные, поршневые и др.), как правило, включающих в себя следующие основные узлы: корпус с рабочим органом; узел загрузки; формующую головку; привод; системы терморегулирования; контрольно-измерительные устройства. Наиболее просты и относительно дешевы одношнековые экструдеры с трубчатым цилиндрическим корпусом модульной конструкции, которая позволяет из наборных элементов собирать на шлицевом валу шнек и корпус требуемой длины (рис. 6.8).

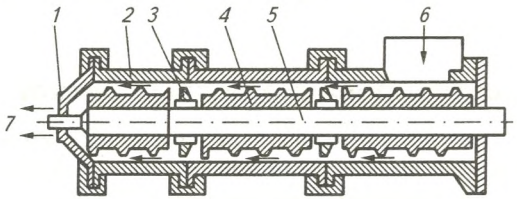

Рис. 6.8. Схема шнека экструдера:

1 – фильера (диск с мелкими отверстиями, через которые продавливается продукт); 2 – корпус; 3 – греющие шайбы; 4 – шнек; 5 – вал; 6 – исходный продукт; 7 – экструдат

В процессе экструдирования продукт захватывается шнеком, перемещается вдоль корпуса, проходя зоны:

1. сжатия;
2. разогрева за счет сил трения продукта о поверхность вращающегося шнека, неподвижного корпуса и за счет деформаций сдвига в продукте;
3. гомогенизации;
4. непосредственной экструзии и разгрузки.

К разновидности процесса экструзии относят экспандирование продуктов, при котором происходит более мягкая влаготепловая обработка при давлении до 4 МПа и температуре 130 °С в течение короткого времени (около 5 сек). В корпусе экспандера устанавливаются паровые форсунки для подачи в рабочую камеру пара под достаточно высоким давлением (рис. 6.9).

На выходе из экспандера может устанавливаться конус, образующий с обрезом корпуса регулируемую кольцевую щель. Заданное давление внутри экспандера может обеспечиваться положением конуса (с помощью гидравлического блока). В целом экструзионная обработка характеризуется высокими давлением и температурой в рабочей камере. Нагрев при этом может происходить не только за счет сил трения или ввода острого пара, но и с помощью пропускания пара или горячего масла через рубашку цилиндра экструдера, в котором помещается вращаю-

щийся шнек. При температуре перерабатываемого продукта 110–130 °С после прохождения зоны формования и разгрузки происходит мгновенный переход продукта из области высоких давлений в атмосферные условия, что приводит к декомпрессионному взрыву. При переходе воды, содержащейся в продукте, в парообразное состояние выделяется значительное количество энергии, происходит деструкция клеточных структур и вспучивание продукта с увеличением линейных размеров и объема.

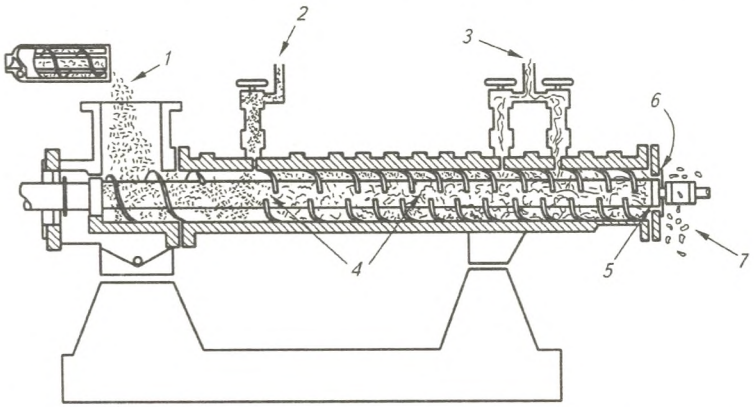

Рис. 6.9. Продольный разрез экструдера с прерванными пролетами фирмы «Андерсон Интернэшнл Корпорэйшн»:

1 – сухое сырье; 2 – впрыскивание воды; 3 – впрыскивание пара; 4 – прерванные витки; 5 – формующая вставка; 6 – нож; 7 – экструдат

В экструдированных продуктах глобулярная структура белка (макромолекулы сферической формы) преобразуется в фибриллярную (нитевидные белки) с пространственной конформацией молекул, доступной ферментам, молекулам воды. Мясная текстура (макроструктура пищевого продукта, определяемая органолептически) в экструдированной соевой муке, концентратах, изолятах создается за счет многослойности. В результате термического и механического воздействия при экструзии соевые белковые продукты реструктурируются, молекулы полимерных соединений утрачивают свою исходную упорядоченную форму, образуя сплошную высокоэластичную массу. При выходе продукта из цилиндра экструдера через формующую головку молекулы выстраиваются в направлении потока, благодаря раскрывшимся активным центрам образуются поперечные связи, материал приобретает новую структуру и характерную текстуру. Кроме того, при варочной экструзии происходит частичная инактивация остаточных термолабильных ингибиторов, разрушение токсичных белков и ферментов, денатурация

белков, образование однородной дисперсии с микроингредиентами, связанными белковой матрицей. На выходе из экструдера с помощью фильеры и ножа производят формовку и нарезку готового продукта до необходимых форм и размеров. При экструдировании смеси концентрата соевого белка и пшеничной клейковины получают слоистый продукт, который, разрезав на куски, можно использовать в качестве заменителя куриного мяса или свинины в различных кулинарных изделиях (C. C. Maningat, 1999 г.). После гидратации текстурированных белковых концентратов они приобретают структуру и внешний вид, сходный с мясными продуктами из говядины, свинины, птицы и др. В качестве добавки к мясным блюдам могут использоваться экструдированные хлопья из соевой муки (текстурированный растительный белок). В ряде стран не только из концентратов, но и из соевой муки и лепестка, методом варочной экструзии в промышленных масштабах получают мясные наполнители, которые после гидратации до влажности около 65% используют в качестве добавки к мясу или мясным эмульсиям в количестве 1/5–1/3 от массы продукта. Кроме того, применяя указанный метод, получают и мясные аналоги, используемые в изделиях, не содержащих мясо. Промышленностью выпускаются текстурированные соевые продукты, различные по размерам, форме, окраске, содержащие определенные добавки.

Волокнообразные соевые белковые продукты получают из соевого изолята **методом «прядения».** По внешнему виду и текстуре они похожи на мясо, что достигается благодаря образованию прядей параллельных волокон. Сравнительная сложность производства и возможность использования лишь относительно дорогостоящего сырья (изоляты соевых белков) делает производство аналогов мяса из растительного белка методом «прядения» (в отличие от экструзионной обработки) менее привлекательным. Технология производства волокнистых продуктов включает:

1. выдержку 14–18% дисперсии соевого изолята в растворе гидроксида натрия при температуре 40–50 °С и pH 10–11 до превращения в тянущуюся массу;
2. подачу сформировавшейся массы в кислую коагуляционную ванну через платиновую формующую головку, имеющую множество отверстий диаметром 0,2–0,25 мм;
3. пропуск через ванну с подогревом для дополнительного вытягивания жгута, образовавшегося из параллельных волокон;
4. добавление ароматизаторов, яичного альбумина, жира, красителей с целью формирования свойств продукта, аналогичных мясу;
5. регулирование прочности волокон с помощью показателей pH, концентрации соли, температуры второй ванны (А. К. Смит и др., 1978 г.).

6.5. Производство неферментированных и ферментированных соевых продуктов

Из многообразия соевых продуктов можно выделить две группы, включающие в себя основные традиционные виды:

1. **ферментированные** (мисо, соевый соус, натто, темпе и др.);
2. **неферментированные соевые продукты** (соевое молоко, тофу, юба и др.).

Процесс производства **соевого напитка** (соевого молока) с длительным сроком хранения включает в себя следующие операции (Л. А. Вилсон, 1992 г.):

1. обработку паром и варку соевых семян или соевого лепестка;
2. тонкое измельчение на мельнице с добавлением дополнительного количества воды в процессе измельчения;
3. нагрев и кипячение полученной массы с перемешиванием в течение 15–30 мин;
4. фильтрацию горячей массы через тканевый фильтр для отделения от соевого молока нерастворимого волокнистого остатка – окары;
5. введение в соевое молоко добавок (масло, сахар, красители, ароматизаторы и др.);
6. стерилизацию и охлаждение продукта;
7. фасовку соевого молока в асептических условиях.

При производстве охлажденного соевого молока после введения в продукт добавок проводят его гомогенизацию, затем напиток пастеризуют, охлаждают и фасуют. Важное значение при производстве соевого молока имеет нагревание, в процессе которого увеличивается питательная ценность напитка за счет инактивации ингибиторов трипсина и липоксигеназы, улучшается вкус и микробиологическое состояние, испаряются некоторые нежелательные соединения.

Российским МОКБ «Горизонт» разработана линия производства соевого молока, предназначенная для производства последнего из очищенных соевых семян (рис. 6.10).

Линия включает в себя емкость для замачивания сырья *1*, смеситель *2*, измельчитель *3*, теплообменный аппарат *4*, инактиватор *5*, гомогенизатор *6*, охладитель *7*, емкость для соевого молока *8*, шкаф управления *9*. Использование СВЧ-энергии для инактивации и гомогенизатора роторного типа позволяет получать продукт хорошей консистенции и качества, не уступающий коровьему молоку и пригодный для приготовления детского питания, молочных диетических смесей, соевого творога, простокваши, сметаны и др. Производительность линии 1800 л/ч, обслуживающий персонал – 3 человека. Для инактивации антипитательных компонентов соевого молока предприятием отдельно предлагает-

ся установка инактивации производительностью 500 л/ч (при продолжительности инактивации 30 мин), состоящая из рабочей камеры инактивации *1*, источника СВЧ-энергии *2*, пульта управления *3* (рис. 6.11).

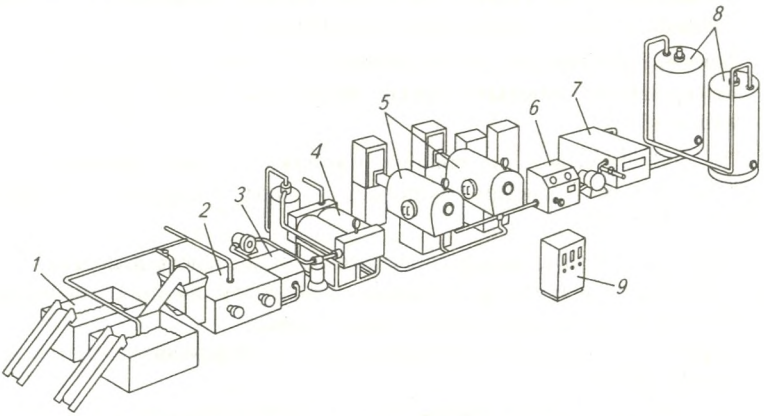

Рис. 6.10. Линия для производства соевого молока

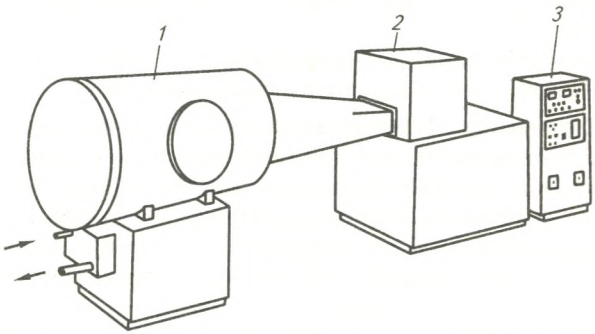

Рис. 6.11. Установка для инактивации соевого молока

АО «Завод Старт» производит оборудование для приготовления кормовой основы (соевого молока) из семян сои или соевого шрота. Состав получаемого продукта близок по энергетической и питательной ценности к обезжиренному коровьему молоку (обрату), а по содержанию сырого и переваримого протеина превосходит последнее. Технологические режимы процесса переработки семян сои позволяют получать кормовой продукт (в виде раствора со взвесью частиц клетчатки) с минимальными энергозатратами и обеспечивают достаточную степень инактивации уреазы, трипсиновых ингибиторов. Оборудование может включать в себя: установку ЛСО производительностью по готовому

продукту 2000 л/ч; емкости (резервуары общей вместимостью не менее 10 м^3); бункера для замачивания и промывки семян (2 шт.); котел паровой; норию высотой 8 м; емкость технологическую для подогрева воды вместимостью 3 м^3; насос поршневой и др. комплектующие.

В Украине институтом «ТЕКМАШ» разработана гидродинамическая технология переработки соевых семян, которая позволяет изготавливать 28% соевую пасту с последующим разбавлением ее водой до консистенции соевого молока. Указанная технология не требует предварительного размола. Дробление, тепловая обработка и гомогенизация смеси в установке ТЕК-СМ происходит одновременно под воздействием механической и тепловой энергии, выделяющейся при схлопывании так называемых кавитационных пузырьков. Такой гидродинамический эффект возникает в специально спрофилированном смесителе при движении через него потока воды, разгоняемой до необходимой скорости электронасосным агрегатом, с которым движутся и соевые семена. Пар и теплообменники в этой установке не используются, что позволяет отнести ее к энергосберегающему оборудованию. Для переработки 1 кг соевых семян требуется 0,5–0,6 кВт·ч электроэнергии. По технологии «ТЕКМАШ» замачивание семян производится однократно, а вода, оставшаяся в ванне после набухания сои, направляется в бункер установки. Все перешедшие в воду в процессе замачивания водорастворимые вещества попадают в пасту. Очистка соевых семян от оболочки не предусмотрена. Применение анаэробной технологии переработки семян сои в гидромодуле позволяет сохранить в конечном продукте весь комплекс витаминов, минеральных соединений, незаменимых аминокислот, жирных кислот, крахмала и сахаров. Технология «ТЕКМАШ» прошла апробацию в Институте животноводства «Аскания-Нова» Украинской академии аграрных наук и рекомендована для внедрения в животноводческих хозяйствах УААН.

В РФ разработана технология переработки небольших партий семян сои с целью производства соевого молока с применением экструдирования (В. Т. Гринь, Р. Г. Гринь, 1994 г.). В соответствии с технологической схемой (рис. 6.12) соевые семена из склада-хранилища поступают в приемный бункер *1*, а из него в завальную яму, откуда норией *4* с помощью перекидного клапана *5* направляются в бункер-накопитель *3* или непосредственно в надсепараторный бункер *6*. Далее семена после взвешивания на автоматических весах подаются в сепаратор *8* для отбора крупных и мелких примесей. Очищенные семена проходят через магнит *25* и поступают в наждачную обоечную машину *26* для снятия с поверхности семян семенной оболочки, удаляемой впоследствии вентилятором в бункер кормовых отходов. В дуоаспираторе (воздушном сепараторе) *28* соевые семена полностью очищаются от семенной оболочки, а затем направляются в промежуточный бункер или в моечную машину *27* с целью удаления остатков примесей. После мойки семена сушат

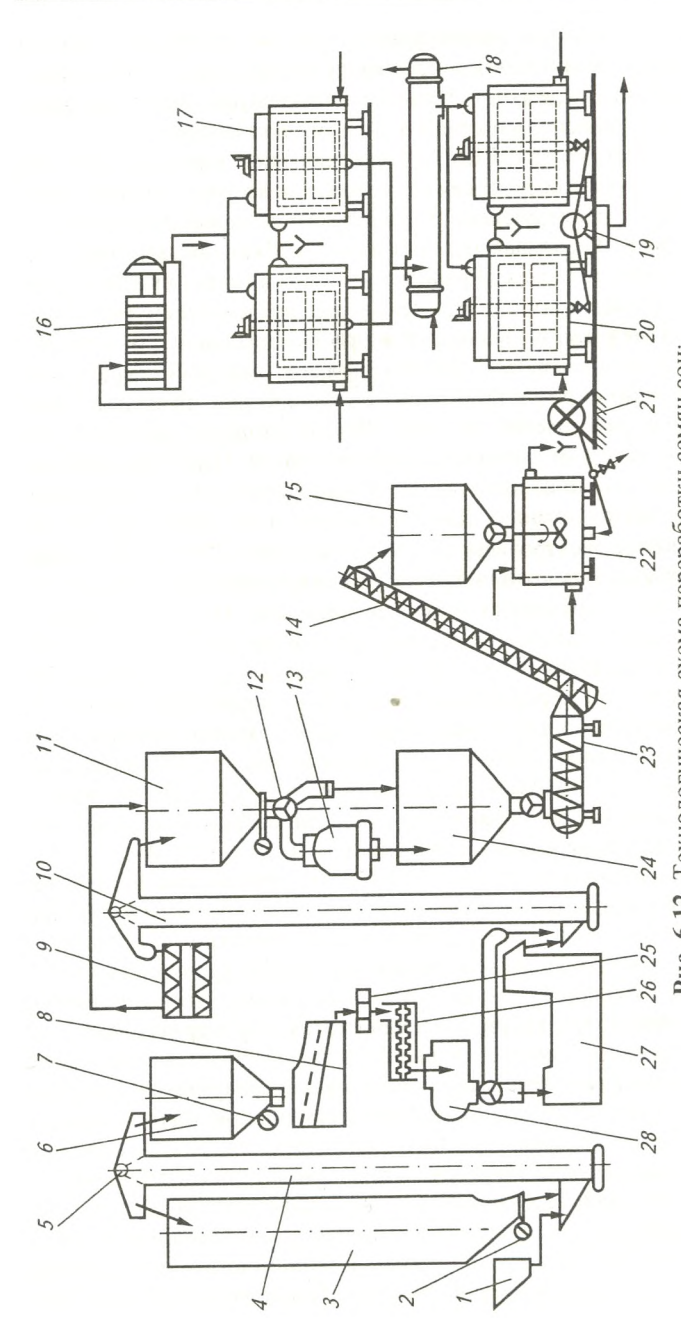

Рис. 6.12. Технологическая схема переработки семян сои:

1 – приемный бункер; 2, 7 – ручные задвижки; 3 – бункер-накопитель; 4, 10 – нории; 5, 12 – перекидные клапаны; 6 – надсепараторный бункер; 8 – сепаратор; 9 – сушилка; 11 – промежуточный бункер; 13 – дробилка; 14 – инек-охладитель; 15 – бункер основы; 16 – фильтр; 17 – пастеризатор; 18 – холодильник; 19, 21 – насосы; 20 – баки готовой продукции; 22 – смеситель; 23 – пресс-экструдер; 24 – бункер над экструдером; 25 – магнит; 26 – наждачная обоечная машина; 27 – моечная машина; 28 – дуоаспиратор

в сушилке *9* и подают в промежуточный бункер *11*. Перед поступлением семян с помощью перекидного клапана в бункер над экструдером *24* возможно их предварительное измельчение в дробилке *13*. Из бункера над экструдером семена поступают в экструдер специальной конструкции *23*, где подвергаются трению, многократному сжатию при переходе через шайбы и конусную головку. Продукт при экструзии нагревается до 140 °С, а давление достигает 2,8 МПа. Последняя камера сжатия в экструдере может быть снабжена зеерными пластинками для предварительного отжима масла (остаточная масличность жмыха – 10%).

В этой технологической схеме используется серийно выпускаемый пресс-экструдер КМЗ-2М, температура продукта на выходе из которого составляет 110–115 °С, а время экструзии – 15–20 с. В связи с тем, что при такой обработке степень разрушения ингибиторов трипсина и других антипитательных веществ сои недостаточна, экструдер дополняется приставкой с конусной головкой (рис. 6.13).

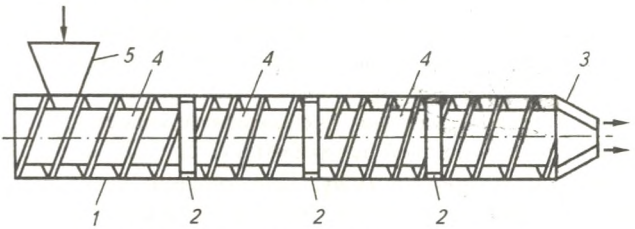

Рис. 6.13. Приставка к прессу-экструдеру:

1 – цилиндр; 2 – шайбы для сужения канала; 3 – конусная головка; 4 – шнеки; 5 – загрузочная воронка

Вспененный, легко растворимый в воде продукт, образовавшийся на выходе из экструдера при сбросе давления, подается в смеситель *22*, где растворяется в необходимом количестве воды при температуре 75–85 °С. На заключительном этапе смесь фильтруют для отделения нерастворимых частиц, а затем пастеризуют, охлаждают и направляют на хранение при температуре 8–10 °С в баки готовой продукции *20*. Для улучшения вкусовых качеств и питательной ценности в готовый соевый напиток (соевое молоко) можно добавлять соль, сахар, витамины, овощные или фруктовые соки.

По данным Американской соевой ассоциации, в соответствии с более совершенными разработками американских фирм технологической схемой производства соевого молока предусматривается:

1. суспендирование соевых хлопьев в смесителе с лопастной мешалкой (3,5 кг хлопьев + 40 л питьевой воды);
2. регидратация и перемешивание в течение 10 мин при комнатной температуре;

3. проваривание полученной массы в варочном аппарате при непрерывном перемешивании под воздействием острого очищенного пара;
4. выдержка полученной суспензии в течение 7 мин при температуре 95 °С;
5. дополнительная варка перед экстракцией в течение 40 с;
6. пропуск проваренной массы через барабанное сито для экстракции соевого молока и выделения нерастворимых веществ;
7. отжим нерастворимого остатка с получением твердой окары;
8. добавление к соевому молоку ароматизаторов для удаления бобового привкуса;
9. гомогенизация соевого молока;
10. пастеризация или стерилизация;
11. охлаждение и фасовка.

Получаемая при производстве соевого молока окара, содержащая пищевую клетчатку, двухвалентное железо, остаточный белок и липиды, находит применение в приготовлении комбинированных пищевых продуктов диетического и лечебного назначения. Специалистами Всероссийского НИИ сои разработана технологическая линия обезвоживания скоропортящейся окары путем предварительного отжатия ленточным прессом *4* и последующей сушки в сушилке с псевдокипящим слоем (рис. 6.14).

В результате дальнейшей переработки из соевого молока получают **соевый сыр или творог – тофу**. При традиционном производстве **«хлопкового» тофу** (момен тофу) соевые семена сначала замачивают в воде в течение 8–12 часов, затем измельчают на центробежном измельчителе или жерновой мельнице. К измельченному продукту добавляют воду, пеногаситель и нагревают суспензию в течение 5–10 мин для инактивации антипитательных веществ и уменьшения бобового привкуса. Далее суспензию фильтруют, отделяя в хлопковом или нейлоновом мешке для фильтрования нерастворимый остаток – окару. Полученное соевое молоко нагревают, добавляют к нему коагулянт – дигидрат сульфата кальция ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), сульфат кальция, концентрированный раствор хлорида магния ($MgCl_2$) и др., вызывающий гелеобразование. Коагуляцию (объединение мелких частиц в дисперсных системах в более крупные, приводящее к выпадению из коллоидного раствора хлопьевидного осадка) проводят при повышенных температурах (90–95 °С – с целью получения твердого тофу, 70–80 °С – мягкого тофу) и перемешивании (интенсивное – для твердого, минимальное – для мягкого тофу). После коагуляции отделяют сыворотку из образовавшегося в результате перемешивания геля сгустка. Удалив сыворотку, сгусток, помещенный в перфорированный ящик из алюминия или нержавеющей стали, накрывают тканью и прессуют с помощью воздушных, ручных или гидравлических прессов. После снятия нагрузки тофу нарезают в виде брусков, осторожно извлекают из ящиков и замачивают в ванне с холодной

водой, выдерживая в воде до фасовки или охлаждая до 0–10 °С. В процессе замачивания тофу охлаждается и из него удаляется избыток коагулянта. Соевый сыр может быть расфасован в пластиковую тару и при необходимости направлен на пастеризацию, проводимую в упаковке.

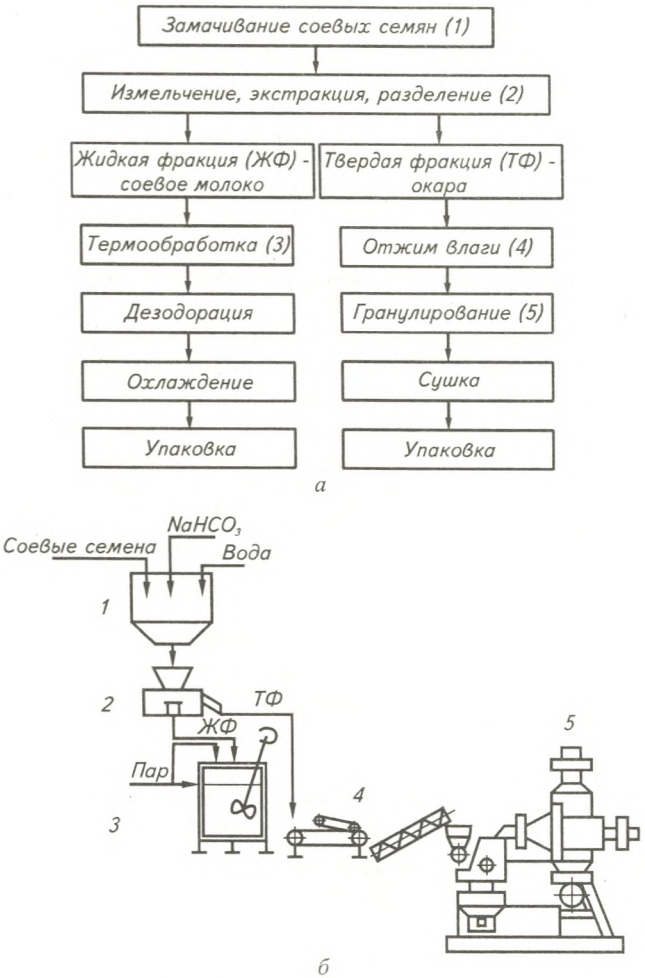

Рис. 6.14. Технологическая (*а*) и аппаратурная (*б*) схемы линии безотходного производства соевых белковых продуктов (С. М. Доценко и др., 2002 г.)

Цифровые обозначения операций в технологической схеме соответствуют цифровым обозначениям аппаратурного обеспечения

«Шелковое» тофу (кинагоши) с мелкой, гомогенной и нежной структурой, мягким вкусом, более высокой питательной ценностью, меньшим содержанием антипитательных веществ получают при использовании медленно действующего коагулянта – глюконо-дельта-лактона. «Шелковое» тофу производят, используя более концентрированное соевое молоко (12–13% сухих веществ), без отделения сыворотки (надосадочной жидкости). Возможно получение «шелкового» тофу при быстром перемешивании соевого молока с сульфатом кальция при температуре 70 °С.

Фасованное тофу может производиться непосредственно в таре. Проваренное соевое молоко разливается в пластиковые или картонные (с пластиковым вкладышем) контейнеры с коагулянтом, закрывается пластиковой крышкой, нагревается в воде при 90–95 °С в течение 40–50 мин. При производстве **стерилизованного фасованного тофу** все ингредиенты предварительно стерилизуют. В результате одно- или двухразового обжаривания во фритюре получают **жареное тофу**, которое лучше транспортируется и дольше хранится. **Замороженное высушенное тофу** производят из полученных после удаления сыворотки и прессования брусков соевого сыра, проводя их замораживание, оттаивание, дегидратацию механическим сжатием с последующим высушиванием горячим воздухом.

Для приготовления **соевой белковой пенки (юба)** соевое молоко нагревают в плоской емкости почти до кипения с целью образования белковой пенки на поверхности молока. Неоднократно образующаяся при продолжительном нагревании пенка удаляется и высушивается при комнатной температуре.

Кинако – муку из жареных цельных семян сои, использующуюся в кондитерском производстве, производят следующим образом:

1. обжаривают цельные соевые семена;
2. удаляют оболочку;
3. размалывают до крупки;
4. измельчают на измельчителе ударного действия до мелкого порошка;
5. жарят порошок до требуемого состояния (Л. А. Вилсон, 1995 г.).

Ферментированные соевые продукты, обычно содержащие соль и побочные продукты ферментации, имеют более длительные сроки хранения. Для приготовления **мисо** предварительно промытые и замоченные в воде соевые семена автоклавируют в течение 1,5–2,0 часов при давлении 49,3 кПа до их размягчения. По завершении автоклавирования семена охлаждают до 35–40 °С и смешивают с закваской – коджи (*Asp. oryzae*) и солью. После инокуляции (введения живых микроорганизмов) полученную смесь перемешивают. Для ускорения процесса ферментации к затору можно добавить молочнокислые бактерии *Pediococcus halophilus* и дрожжи *Saccharomyces rouxii.* Далее полученный продукт

фасуют в ферментационные бочки, плотно закрывают тонкой пластинкой или вощеной бумагой, помещая поверх нее груз. В зависимости от вида мисо и условий созревания ферментация может продолжаться от нескольких месяцев до 2 лет (В. Шетлиф, А. Аояги, 1984 г.).

При производстве **соевого соуса** (шою) обезжиренный соевый шрот тщательно перемешивают с водой и варят в варочном аппарате непрерывного действия или котле. Для предотвращения избыточной денатурации белка после варки шрот охлаждают. Затем по поверхности обработанного паром соевого шрота распределяют смесь измельченных поджаренных пшеничных зерен с закваской коджи и перемешивают. Полученный продукт раскладывают на полу в инкубационной комнате при температуре 30–35 °С. В таких условиях начинается рост *Asp. oryzae* и микроорганизмы проникают в затор. Созревшие куски культивированного материала зеленовато-желтого цвета с белыми пятнами и сильнолетучим запахом постоянно отделяют от оставшегося затора. Полученное таким образом коджи смешивают с соленой водой в ферментационной бочке, а смесь (мароми) ежедневно перемешивают. Продуцируемые *Asp. oryzae* ферменты гидролизуют крахмал и белок, что способствует образованию характерного вкуса и аромата соевого соуса. Ферментация и созревание соевого соуса может продолжаться от 6 месяцев до 1 года в зависимости от условий и применяемых технологий.

Технологическую схему производства **натто** можно представить следующим образом:

1. замачивание соевых семян;
2. варка до размягчения;
3. охлаждение субстрата;
4. инокуляция промышленной культурой *Bacillus natto*;
5. перемешивание во вращающейся бочке;
6. заворачивание полученной смеси порциями по 50–100 г в тонкую пленку из перфорированного полиэтилена и укладка на неглубокие поддоны;
7. выдержка продукта в ферментационной комнате в течение 24 ч при температуре 30–40 °С до появления на соевых семенах сплошного белого липкого налета полимера глутаминовой кислоты;
8. охлажение полученного продукта.

Для приготовления **темпе** – продукта ферментации целых соевых семян, особенно популярного в Индонезии и Малайзии, сою также сначала замачивают, а затем варят в течение 30 мин вместе с оболочкой или, предварительно удалив последнюю. После кипячения избыток воды дренируют, семена раскладывают на поддоне и инокулируют с помощью кусочка темпе или культуры *Rhizopus oligosporus.* Затем завернутые в полиэтилен семена ферментируют при температуре 30–32 °С в

течение 20 ч или от 1 до 2 сут при комнатной температуре. Твердый пласт темпе, образовавшийся в результате развития на соевых семенах мицелия плесневых грибов, разрезают на кусочки. Для увеличения срока сохранности пласт скоропортящегося темпе бланшируют, сушат или замораживают. Перед употреблением темпе обычно жарят во фритюре или запекают (В. Шетлиф, А. Аояги, 1985 г.).

В РФ специалистами Кемеровского технологического института пищевой промышленности разрабатываются рецептуры и схемы производства комбинированных молочных продуктов на соевой основе (О. Ф. Рязанова и др., 2002 г.). Так, на соевой основе может производиться **напиток типа йогурт**. Для его изготовления шелушенные сухие соевые семена промывают проточной водой при температуре 12–15 °С, затем обжаривают до светло-коричневого цвета и замачивают в 3–6 раз превышающем по массе количестве воды в течение 4–6 ч при 18–20 °С. Далее получают высококонцентрированную эмульсию, измельчая в коллоидной мельнице набухшие семена. Полученный продукт подвергают тепловой обработке с помощью пара в течение 5–20 мин, после чего охлаждают и вводят в него предварительно подготовленные сахарный сироп (6–12% сахара), фруктовый наполнитель (1–5%), ароматизаторы. Смесь заквашивают при температуре 40–45 °С в ванне (или танке) с охлаждаемой рубашкой и мешалкой, внося 5% закваски (чистые культуры термофильного молочнокислого стрептококка и болгарской палочки). Заквашивание смеси продолжается в течение 8–16 часов. Затем проводят розлив и упаковку напитка в герметичную тару.

6.6. Переработка соевых семян на установках малой производительности

В последнее время в РФ получили распространение малогабаритные установки по производству горячего соевого молока и продуктов его переработки. Технология приготовления соевого молока и продуктов его переработки, разработанная канадской фирмой «Просоя», основана на методе холодного размола в воде без доступа воздуха вымоченных соевых семян и последующего проваривания полученной жидкой массы под давлением с помощью пара. Российскими специалистами в результате доработки и адаптации этой технологии разработана установка СК-20 («Соевая корова»), включающая в себя электоропарогенератор, размолочно-варочный аппарат, пресс отжимной механический, форму для изготовления сыра тофу. В результате варки 1,75–2 кг семян сои при температуре 105–110 °С в течение 20–30 мин за один цикл удается получить до 14,5 л соевого молока и 3,5–4 кг пищевого соевого обогатителя – окары. Из полученного количества соевого молока можно

изготовить 3–3,5 кг соевого сыра (тофу). Процесс производства пищевых продуктов из семян сои с использованием установки СК-20 включает:

1. добавление к 1,75–2 кг очищенных и вымоченных семян сои 14 л воды;
2. размол без доступа воздуха и проваривание смеси;
3. извлечение основы соевого молока с выделением выжимки – окары;
4. получение готового к употреблению соевого молока после добавления воды, подсластителей, ароматизаторов, соли с последующей гомогенизацией или интенсивным взбалтыванием;
5. добавление к основе соевого молока коагулянта (уксусной кислоты, $CaSO_4$) с последующим получением творога и выжимкой его в формующую емкость;
6. добавление к основе соевого молока подсластителей, соли, йогуртовой закваски; внесение фруктов в полученный после выдержки йогурт;
7. внесение в окару соли, специй, муки, овощных компонентов для последующей выпечки, прожаривания, добавления в другие пищевые продукты.

В дальнейшем соевое молоко может использоваться для приготовления коктейлей, пудингов, пирожных, охлажденных десертов. Полученный с помощью мобильной установки СК-20 соевый сыр находит применение при выпечке пирожков, пирожных, пудингов, приготовлении охлажденных десертов, салатов и вторых блюд в рамках малых предприятий сферы общественного питания. Из соевого йогурта изготавливают напитки, десерты, замороженный соевый йогурт. Окару используют при производстве хлебобулочных изделий, закусок, лепешек, пудингов, а также в качестве загустителя для соусов.

Таганрогским заводом «Прибой» на основе опыта эксплуатации разных типов «соевых коров» (СК-20, «Союшка-2», СМ-30 и др.) проведена работа по совершенствованию технологии и организации переработки семян сои с применением малогабаритных установок типа СМ-30 (рис. 6.15).

На базе установки СМ-30 создан надежный, более производительный (100–150 л/час), автономный комплекс – СКР или СМ-Р («Соевый комплекс ротационный»), позволяющий наращивать объемы производства соевой продукции без пропорционального наращивания технических средств. Стандартная комплектация его включает: диспергатор; варочный модуль (2 комплекта с объемом бака 23 л каждый); парогенератор; отжимной пресс. С помощью этого комплекса реализуется новая технологическая цепочка получения соевого молока по восточной технологии: размол – проваривание – извлечение основы соевого молока. Применяемая ранее в установках подобного типа совмещенная операция размола и проваривания заменена на две отдельные операции. Вместо

размолочно-варочного модуля в комплект СКР отдельно включены диспергатор (измельчитель) и варочные котлы (модули). Диспергатор соединен с варочными модулями двумя шлангами, а парогенератор – гибкими паропроводами. При этом стало возможным автономное мелкодисперсное измельчение соевых семян и ускоренное проваривание измельченной массы. Качество размола влияет на вкус и жирность соевого молока, технологичность окары. На комплексе СКР качество размола намного выше, чем на комплексах СМ-30, СК-20, «Союшка-2», КС-300 и др. аналогах. С появлением установки нового поколения СКР (СМ-Р) стало возможным получение окары сверхмелкого помола, находящей широкое применение в кулинарии. С помощью одного диспергатора и парогенератора можно обеспечить загрузку до трех варочных модулей, повышая производительность до 150 л/час. В процессе варки смеси в первом варочном котле с помощью диспергатора готовится продукт для следующих варочных модулей. При дальнейшем увеличении количества варочных модулей с использованием двух диспергаторов и парогенераторов возможно повышение производительности установки по соевому молоку до 300 л/час.

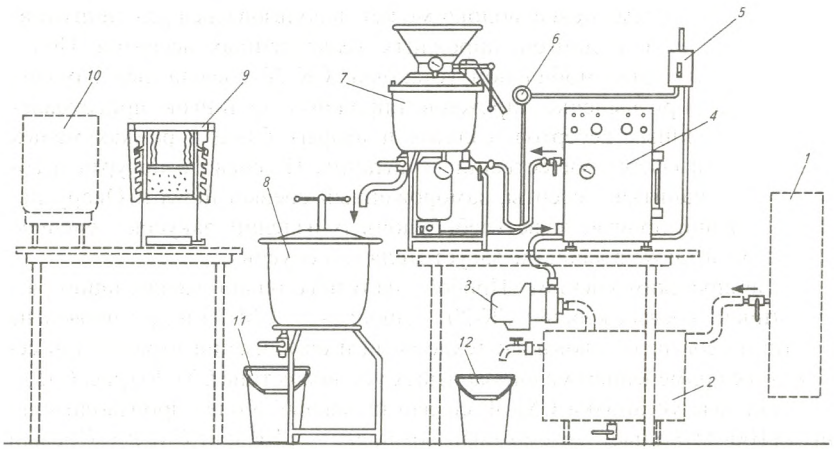

Рис. 6.15. Схема размещения комплекта оборудования СМ-30 для производства и переработки соевого молока:

1 – система очистки воды; 2 – емкость для воды (80–120 л); 3 – насос; 4 – парогенератор; 5 – автоматический выключатель; 6 – электророзетка; 7 – размолочно-варочный аппарат; 8 – пресс отжимной; 9 – форма для сыра; 10 – емкость для замачивания семян сои (4 шт. по 20 л); 11 – мерное ведро (15 л); 12 – мерное ведро для воды (8 л)

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы технологического процесса производства жирной соевой муки.
2. Каковы характерные особенности производства полуобезжиренной и обезжиренной соевой муки?
3. Укажите основные операции технологии производства и направления использования соевой крупы.
4. Охарактеризуйте процесс получения концентрированного соевого белка методом водно-спиртовой экстракции.
5. Назовите этапы технологического процесса производства соевых концентратов методом кислотной промывки белого соевого лепестка или соевой муки.
6. Каковы преимущества и недостатки получения соевых белковых концентратов методом горячей промывки соевой муки?
7. Назовите существующие технологии получения соевых белковых изолятов.
8. Укажите главные технологические принципы, положенные в основу получения изолированных соевых белков.
9. Раскройте суть промышленной технологической схемы получения соевого изолята методом щелочной экстракции.
10. Приведите схему производства текстурированных соевых белков.
11. Охарактеризуйте технологию получения волокнообразных соевых белковых продуктов.
12. Каковы основные направления использования соевых белковых концентратов, изолятов и текстурированных соевых белков?
13. Перечислите основные продукты питания, входящие в группы ферментированных и неферментированных соевых продуктов.
14. Укажите этапы процесса производства соевого молока.
15. Какова последовательность технологических операций при производстве соевого сыра?
16. Укажите характерные особенности производства ферментированных соевых продуктов.
17. Приведите последовательность технологических операций переработки соевых семян на установках малой производительности.
18. Использование каких типов малогабаритных установок по переработке соевых семян является наиболее предпочтительным и почему?

Глава 7

Особенности использования продуктов переработки соевых семян в пищевой и комбикормовой промышленности

Как уже отмечалось, интенсивное развитие индустрии по производству и переработке соевых семян связано с тем, что продукты из сои, благодаря своим уникальным свойствам, могут использоваться с целью:

1. повышения продуктивности и эффективности животноводства;
2. оптимизации рационов питания человека и организации лечебно-профилактического питания;
3. производства широкого набора промышленной технической продукции и фармацевтических препаратов.

Расширенное использование соевых продуктов в пищевой промышленности основано на их функциональных свойствах (рис. 7.1).

При смешивании соевой белковой дисперсии с маслом возможно образование стабильных водожировых эмульсий. При этом белок может «прилипать» к твердым частицам и служить связующим веществом. В растворах соевый белок может быть суспензирующим и диспергирующим агентом. Растворимые белки легко включаются в состав влажных пищевых продуктов. Плохо растворимые соевые белки вбирают в себя воду, сорбируя максимальное количество жидкости, и образуют суспензию в оставшейся воде без образования водного раствора. Аналогично, но в меньших количествах соевые белковые продукты способны сорбировать масло и жир (Л. А. Джонсон, 1985 г.). В комбинированных продуктах соевые белки обнаруживают необходимые функциональные свойства и поэтому имеют множество областей применения. Кроме того, соевые добавки дешевле, чем традиционные компоненты животного происхождения (яичный белок, желатин, казеин, сухое молоко и др.). В комбинированных продуктах соевый ингредиент не должен оказывать влияния на вкус и цвет продуктов питания, за исключением случаев использования текстурированного белка специально для имитации мяса. Изоляты и концентраты соевых белков обычно употребляются для сорбции жиров.

Соевая мука может снижать сорбцию жиров при изготовлении изделий, обжаренных во фритюре. Необходимо принимать во внимание тот факт, что для успешного введения соевых белков в традиционные пищевые продукты они должны иметь свойства, аналогичные свойствам белков, к которым добавляются или которые должны заменить.

Рис. 7.1. Функциональные свойства соевых белков в пище (Д. Э. Кинселла, 1979 г.)

Соевая мука и соевые белки находят широкое применение в хлебопекарной промышленности, где они используются в комбинации с другими ингредиентами для замены сухого обезжиренного молока. Добавление соевой муки в тесто не только повышает питательную цен-

ность выпекаемого хлеба, но и способствует образованию корочки приятного коричневого цвета, удлинению срока хранения готового продукта. При добавлении до 10% соевой муки при выпечке подового и формового хлеба 1 и 2 сорта содержание белка может увеличиться почти в 1,5 раза, энергетическая ценность – на 20%, водопоглощение муки и объемный выход изделия – на 10–15%, при этом повышается эластичность, улучшается цвет хлебного мякиша, увеличивается содержание клетчатки, играющей важную физиологическую роль в процессе нормализации пищеварения. Добавление 5% соевой муки к пшеничной при производстве хлеба обеспечивает необходимое соотношение лизина (аминокислоты, находящейся в лимитирующем минимуме в зерновых культурах), метионина и цистина (лимитирующие аминокислоты в семенах зернобобовых культур). При добавлении 10% соевой муки создается оптимальный аминокислотный состав хлеба, повышается коэффициент эффективности белка. В результате разработок российских специалистов в России начат выпуск хлебопекарного улучшителя «Союшка», прошедшего предварительные испытания и экспертизу во ВНИИ хлебопекарной промышленности. Использование указанного улучшителя позволяет снизить расплываемость подовых изделий, уменьшить крошковатость мякиша, увеличить объемный выход и срок хранения изделий (А. В. Подобедов, 1999 г.).

Положительное воздействие применения продуктов переработки сои на результаты хлебопечения связано с рядом их полезных свойств. Так, при добавлении соевой муки к пшеничной, благодаря гидрофильным свойствам соевого белка и присутствующей клетчатке, получаемое при замесе тесто поглощает заметно большее количество воды, что впоследствии приводит к замедлению процесса ретроградации крахмала (восстановления и образования новых водородных связей между цепочками олигосахаридных остатков с последующей кристаллизацией структуры) и черствения хлеба. Как известно, энзиматически активная соевая мука, содержащая липоксигеназу, способствует образованию из полиненасыщенных жирных кислот гидроперекисей жирных кислот. Последние отбеливают содержащиеся в пшеничной муке желтоокрашенные пигменты (каротиноиды) и, взаимодействуя во время замеса с клейковинным комплексом, укрепляют клейковину (за счет образования структурирующих дисульфидных мостиков при окислении сульфгидрильных SH-групп клейковинных белков). При этом может также снижаться активность протеолитических ферментов. В разных странах разработаны и запатентованы способы улучшения качества хлеба, основанные на использовании препаратов липоксигеназы (главным образом, липоксигеназы соевой муки) и требующие очень точного дозирования фермента, т. к. даже небольшая передозировка вместо ожидаемого эффекта может привести к значительному ухудшению качества хлеба. В связи с токсич-

ностью переокисленных жиров, использование липоксигеназы как улучшителя окислительного действия требует определенной осторожности. Интенсивное окисление липоксигеназой свободных жирных кислот может сопровождаться вторичными процессами образования веществ различной химической природы с неприятным вкусом и прогорклым запахом. Ограниченная степень окисления полиненасыщенных жирных кислот как промежуточного звена преобразования других компонентов биологического материала, не приводящая к накоплению фракции окисленных липидов, является технологически приемлемой (А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова и др., 2001 г.).

Растворимый соевый белок является хорошим эмульгатором. При использовании в процессе хлебопечения лецитинированой соевой муки смачивающее действие лецитина сочетается с эмульгирующей функцией белка, что приводит к более полной гомогенизации компонентов теста и повышению стабильности пузырьков углекислого газа (D. B. Gilbertson, M. A. Porter, 2001 г.). Лецитинированные соевые продукты (например, соевая мука в количестве 3–5% от веса пшеничной) часто используются при производстве бисквитных тортов. Это обусловлено не только улучшением эмульгирования, но и возможностью уменьшения количества используемых по рецептуре яиц и жира. Благодаря этому удается снизить суммарные затраты на производство. Включение в рецептуру блинчиков 3% слегка термообработанной или умеренно лецитинированной белой соевой муки способствует улучшению текстуры готового продукта. Как правило, рекомендуется заменять половину яиц в рецептуре изделий лецитинированной соевой мукой, стоимость которой в несколько раз ниже стоимости яиц. Как уже отмечалось, соевая мука способна удерживать воду во время выпечки. Обычно в тесто из пшеничной муки добавляется 3% соевой муки и дополнительно 5% воды, что увеличивает выход теста при сохранении его консистенции. В многочисленных испытаниях с использованием обезжиренной соевой муки упек хлеба снижался на 1–2%, готовый продукт при этом имел немного повышенную влажность по сравнению с базовым вариантом, скорость черствения изделий снижалась, а срок годности увеличивался. Использование соевой муки в хлебопечении не только повышает содержание и качество белка (аминокислотный состав) в готовых изделиях, но и обеспечивает получение дополнительной прибыли (К. Э. Стауффер, 2002 г.).

Полножирную и обезжиренную соевую муку используют при изготовлении кондитерских изделий, халвы, драже и др. в качестве частичной замены традиционного сырья (сахара, какао-порошка, яичного порошка, сухого и сгущенного молока, орехоплодного сырья). Соевые белки находят применение при изготовлении пирожных, крекеров, печенья, кексов. Соевая крупка улучшает текстуру печенья и галет. Добавление

до 4% обезжиренной соевой муки облегчает работу с тестом при изготовлении печенья, делает продукт более хрустящим (Г. Н. Павлова и др., 1999 г.). В сладких изделиях добавление от 2 до 4% обезжиренной соевой муки приводит к улучшению связывания влаги, раскатки теста, качества готового продукта. В условиях кондитерского производства добавление в состав конфет типа карамели и ириса соевой муки делает их менее липкими, что облегчает использование высокоскоростного упаковочного оборудования. При изготовлении шоколадной патоки применение соевой муки приводит к задержке процесса дегидратации, что способствует предотвращению кристаллизации сахара. В сладких плитках вместо орехов используются обжаренные в горячем масле полножирные соевые хлопья. Направленное регулирование функционально-технологических показателей (пено- и гелеобразования, вязкости, водо- и жиропоглощающей, эмульгирующей способности) при производстве кондитерских изделий возможно благодаря использованию добавок в виде соевых белковых изолятов или концентратов. Соевые белковые изоляты используются в эмульсионных продуктах (сухие сливки для кофе, взбитые кремы и др.) в количестве от 0,5 до 2%. При изготовлении конфет и кондитерских изделий для ускорения взбивания и стабилизации взбитого продукта довольно часто используются частично гидролизованные белки сои в смеси с альбумином яйца или с целыми яйцами.

В качестве эмульгаторов жиров, для регулирования вязкости и текстуры продукта изоляты используются в соусах на сметанной основе. Растворимые порошки, содержащие изоляты и концентраты соевых белков, могут применяться с целью обогащения молока, используемого в качестве основной пищи. Производятся смеси соевых и молочных белков, применяемые при изготовлении хлебобулочных изделий, мясных продуктов, соусов. В США выпускается широкий ассортимент готовых смесей для приготовления хлеба, оладий, булочек, вафель и др. выпечки, содержащих от 2 до 15% обезжиренной или жирной соевой муки или крупы. Заменители грудного молока на соевой основе, не содержащие лактозу, находят применение при изготовлении продуктов детского и специального питания. Соевые белковые продукты добавляются в рисовые и пшеничные каши для детей, используются в качестве ценных компонентов при изготовлении прессованных брусков для завтраков из зерна, орехов, фруктов. Соевый белок находит применение для придания повышенной прочности и пищевой ценности макаронным изделиям. Денатурируясь при варке макарон, соевый белок снижает количество потерь (Д. Д. Эндрес, 2001 г.). При использовании разных видов соевых продуктов в процессе изготовления макарон происходит увеличение сорбции воды тестом и оптимизируются условия его обработки. Особенно хорошие результаты при этом дает использование изолята соевого белка. Питательная ценность спагетти, макарон, вермише-

ли заметно повышается при обогащении их соевой мукой в количестве 15% сухого веса. Использование соевых белковых продуктов повышает питательность сухих хлопьев для завтраков.

Соевый белок, обладая хорошими связующими свойствами, придает требуемую консистенцию мясной смеси, улучшает текстуру колбас и сосисок (Г. Е. Педерсен, 1995 г.). Благодаря способности связывать жиры и воду, эмульгировать жиры, оказывать стабилизирующее действие, изоляты соевых белков и нейтрализованные белковые концентраты широко используются при производстве продуктов из мелко измельченного мяса (вареная колбаса, сосиски), а также для изготовления продуктов из эмульгированного мяса мелкого и грубого помола (котлеты, рулеты, колбаса). В определенных случаях текстурированные белковые концентраты способны гидратироваться в большей степени, что делает предпочтительным их применение с целью формирования текстуры при производстве рубленых мясных полуфабрикатов (котлеты, рубленые бифштексы, мясные соусы, тефтели и т. д.). При замене в рубленых мясных изделиях до 20% мяса соевыми белками сохраняются высокие вкусовые качества продукта и без внесения каких-либо вкусовых добавок. Текстурированные концентраты или текстурированная соевая мука могут использоваться в консервированных мясных продуктах (тушеное мясо) для связывания соков, уменьшения отложения жира и желе, образования более плотного конечного продукта (Д. Д. Эндрес, 2001 г.). Последние технологические разработки позволяют вводить соевые белковые изоляты непосредственно в большие куски мышечной ткани (окорока, птица, рыба и т. д.). Для этого рассол, содержащий изоляты соевых белков, впрыскивается в целые куски мяса и распределяется в тканях массированием. При этом масса обработанного продукта увеличивается на 20–40%, он выглядит нормально, становится более упругим, меньше сочится при вакуумной упаковке, лучше режется (C. W. Kolar et al., 1985 г.). Повышение выхода готового продукта, снижение его стоимости, улучшение клейкости и текстуры делает целесообразным использование функциональных соевых концентратов и соевых изолятов при производстве прессованных мясных продуктов. Растительные белки, включая нативную клейковину, изоляты и концентраты соевых белков, используются в качестве связующих веществ при прессовании обрезков, кусочков мяса птицы в оформленные куски, рулеты, фрикадельки, котлеты. До 8% (в весе до гидратации) текстурированных соевых белков может добавляться после гидратации к измельченному рыбному фаршу при производстве разнообразных морепродуктов, сформованных в виде палочек, рыбок, креветок путем экструзии или прессования. Форма рыбных котлет и других формованных изделий из рыбы лучше сохраняется благодаря связующим свойствам соевых изолятов и функциональных концентратов. Кроме того, улучшается текстура и увеличивается содержание

белка. В последние годы нашли на рынке свою нишу и весьма популярные у вегетарианцев полные аналоги мясных продуктов (прессованные ветчина и бекон, колбасы для завтраков), изготовленные на растительной белковой соевой основе.

В ряде научно-исследовательских учреждений РФ ведутся работы по совершенствованию технологий переработки соевых семян в качественные продукты питания. Так, специалистами Московского государственного университета прикладной биотехнологии установлено, что добавление соевого белка, обладающего способностью ингибировать окислительные процессы в мясных рубленых полуфабрикатах из отпрессованной мясной массы, может способствовать получению продуктов с высокими качественными показателями и увеличению их стабильности в процессе хранения. Стабильность и структурная прочность натуральных и рубленых мясных изделий повышается и при использовании в качестве наполнителя соевого концентрата в смеси с модифицированным крахмалом, пшеничной мукой, сухими сливками и пшеничной клейковиной в количестве 6–8%. Продолжается разработка технологий получения белковых продуктов с заданными функциональными и потребительскими свойствами при сохранении или повышении биологической ценности белков. К примеру, полученные в Московском государственном университете пищевых производств комбинированные добавки на основе соевого белка и анионного поверхностно-активного вещества – натриевой соли стеароилмолочной кислоты обладают более высокими функциональными свойствами по сравнению с соевым изолятом. На базе научно-производственного объединения «Масложирпром» разработана технология получения модифицированных соевых белков (типа соевого пищевого гидролизата «Белок соевый пищевой»). Разработанные некоторое время назад российскими специалистами модифицированные соевые белки в процессе ферментативного гидролиза приобретают такие новые свойства, как повышенная растворимость в воде, лучшая жироэмульгирующая способность при одновременном снижении вязкости водных растворов. Подобные соевые гидролизаты могут использоваться в качестве стабилизирующих или эмульгирующих белковых компонентов в майонезных эмульсиях, не содержащих яичного порошка. Существуют отечественные разработки рецептур и технологий получения майонезов 40–50% жирности на основе соевых белковых гидролизатов.

Фирма «Могунция», работающая и на российском рынке, производит широкий спектр соевых концентратов серии «Майкон 70», используемых в мясоперерабатывающей промышленности. Путем экстракции из тщательно отобранных очищенных и обезжиренных соевых семян вырабатываются концентраты с нейтральным вкусом и высокой степенью гидратации, которые могут быть эффективными эмульгаторами, способны образовывать стабильную эмульсию, выдерживающую мно-

гократное нагревание и воздействие солей. При использовании, к примеру, соевого концентрата «Майкон 70 Г» с содержанием белка 70% и гидратацией 1:5 возможна замена более 1/3 мяса в вареных колбасных изделиях с сохранением органолептических показателей качества готового продукта. Фирма «Могунция» выпускает также соевые концентраты в виде мелкодисперсного порошка с гидратацией 1:6 и соевые концентраты для шприцевания мясного сырья с повышенной влагопоглощающей способностью, обладающие высокой растворимостью при низких температурах. Соевые текстурированные продукты не только увеличивают выход и снижают себестоимость мясной продукции, но и могут улучшать органолептические показатели изделий с зернистой структурой и вид на разрезе вареных колбас. Гидратированную текстурированную соевую муку «Майфлор 50 Текс» используют в рецептурах производства рубленых мясных полуфабрикатов (до 24%), а также при производстве фаршей для пельменей, полукопченых колбас, консервов. Находят своего потребителя и выпускаемые фирмой различные текстурированные соевые белки для домашнего приготовления: соевый гуляш и соевый шницель с нейтральным вкусом или с добавлением приправ и ароматизаторов, соевый фарш (В. В. Прянишников и др., 2001 г.).

На российском рынке неплохо зарекомендовали себя изоляты и текстурированная мука бразильской компании «Ceval» и концентраты датской фирмы «Central Soya». Так, например, изолят «Сампросоя 90 MP» представляет собой малопылящий соевый белковый изолят, предназначенный для применения при производстве полукопченых, варенокопченых, сырокопченых колбас, вареных колбасных изделий, паштетов, рубленых полуфабрикатов, консервов. Благодаря высокой жиросвязывающей способности изолят используется с разными типами мяса в сухом виде или в виде геля при степени гидратации 1:6. Хорошо диспергирующиеся, мелкодисперсные, малопылящие соевые белковые изоляты «Сампросоя 90 HI» и «Сампросоя 90 PPI» применяются для инъекцирования и составления рассолов при производстве цельномышечных и реструктурированных продуктов. Текстурированная соевая мука «Макстен» с уровнем гидратации 1:3 и высокой скоростью водосвязывания имеет нейтральный цвет, вкус и производится путем экструзии из отборных семян сои. Текстурированная соевая мука «Алипро», имеющая нейтральный вкус и различную окраску, широко применяется в консервном производстве и при производстве рубленых мясных полуфабрикатов. Малопылящие функциональные концентраты «Данпро S-760», «Данпро S-760e» фирмы «Central Soya» обладают высокой вязкостью и эмульгирующими свойствами, хорошо диспергируются, не придают постороннего привкуса готовым изделиям, улучшают текстуру, увеличивают выход, облегчают нарезку мясных продуктов. Функциональные концентраты «Данпро HV», «Данпро HVe» обладают

высокой вязкостью геля, устойчивостью к действию поваренной соли, обеспечивают хорошую структуру готового продукта, что определяет возможность их успешного применения при производстве сосисок, сарделек, копченых и вареных колбас, продуктов из птицы, паштетов и др. При производстве аналогичных мясных продуктов находит применение хорошо диспергирующийся функциональный белковый концентрат с высокой вязкостью и способностью эмульгирования 1 : 6 : 5 (белок : вода : жир) «Данпро HVX». С целью улучшения обработки мясных фаршей разработан концентрат соевого белка «Данпро К», обладающий высокой способностью связывать воду и жир. Указанный концентрат снижает липкость мясной эмульсии, обладает хорошей вязкостью и применяется при производстве полуфабрикатов (С. Н. Еманов, А. С. Иванов, 2002 г.).

В России известны также соевые изоляты марки «Супро» фирмы «Протеин Технолоджиз Интернэшнл», которые легко растворимы в воде, приятны на вкус и могут употребляться как в виде быстроприготовляемых паштетов, так и добавляться в отдельные блюда для повышения их пищевой и биологической ценности. В практике лечебного питания находят успешное применение соевые изоляты «Супро», модифицированные применительно к требованиям диеты при определенных заболеваниях. Например, в «Супро-760» значительно уменьшено содержание калия, натрия и фосфора, что необходимо для адекватной диетотерапии больных с хронической почечной недостаточностью. «Супро-2725» содержит до 90% изолята соевого белка и все незаменимые микронутриенты, необходимые для обеспечения физиологической потребности в них в восстановительный период. «Супро-2640» по содержанию белка, жира, углеводов, кальция, фосфора соответствует коровьему молоку, но, кроме этого, обогащен железом, цинком, йодом, витаминами А и D, что позволяет рекомендовать использование данного изолята соевого белка в питании больных анемией и желудочно-кишечными заболеваниями, при непереносимости коровьего молока и молочных продуктов. Российскими учеными предложены новые подходы, разработаны технологические процессы и оборудование для производства комбинированных продуктов питания молочного типа, включающих в свой состав биологически полноценные изолированные соевые белки «Супро» в сочетании с растительными жирами, углеводами, витаминными, минеральными и биологически активными добавками. По пищевой ценности они практически не уступают продуктам животного происхождения и в то же время имеют лечебно-профилактическое значение. Для производства большинства комбинированных и аналоговых молочных продуктов (напитки серии «Бодрое утро», сметана «Деликатесная», фитойогурт, майонез «Легкий», соусы «Лето», «Радуга», плавленые сыры, молочные десерты и т. д.) разработан универсальный комплект оборудования рос-

сийского производства. Основные группы продуктов детского, спортивного и специального питания с белками «Супро» производятся с использованием сухого смешивания, пастеризации, распылительной сушки, высокотемпературной обработки, стерилизации. Специальные продукты «Супро плюс» могут являться хорошими поставщиками биодоступного кальция и фосфора, особенно необходимых для детей и пожилых людей. Весьма популярны в мире продукты спортивного питания с изолированными соевыми белками «Супро», содержащими более 90% легкоусвояемого белка, большое количество разветвленных аминокислот (необходимый энергетический источник), имеющими высокий уровень содержания аргинина (важное звено поддержания иммунитета), являющимися хорошим источником натурального биодоступного железа (центральный компонент в системе кроветворения). Использование изолированных соевых белков этой марки эффективно при производстве продуктов питания для детей, а их применение в сочетании с соевыми пищевыми волокнами «Фибрим» оказывает положительное влияние на здоровье человека, особенно в рационах питания пожилых людей и в рамках клинического питания.

Комбинированные и аналоговые молочные продукты с использованием соевых белков производятся также рядом западных компаний, работающих на российском рынке. Для производства комбинированных молочных продуктов используются сливки, молочный жир, цельное и обезжиренное молоко, пахта, растительные масла, изолированные соевые белки. Во многих странах мира современные технологии позволяют производить широкий набор качественных продуктов питания, таких как напитки, предназначенные для детей, не воспринимающих коровье молоко; сметана; йогурт, фитойогурт; плавленые сыры; диетические специализированные безмолочные высокобелковые продукты; сгущенное молоко с сахаром; комбинированное масло; молочные десерты; комбинированный творог; шоколадно-ореховые и шоколадные пасты.

Использование соевых продуктов в ряде случаев сопровождается необходимостью применения пищевых добавок, улучшающих внешний вид, вкус и аромат, что в сочетании с диетическими достоинствами придает им большую потребительскую привлекательность. Так, соевое молоко, обладающее высокой биологической ценностью, нуждается в ароматизации. На российском пищевом рынке фирма «Фрутаром» представляет широкий ассортимент ароматизаторов молочного направления (молоко, сливки, концентрированное молоко, сладкое молоко), которые придают соевому молоку вкус и аромат коровьего молока, а также могут быть использованы при производстве мягкого мороженого, в рецептурах которого, кроме того, используется соевое масло, стабилизатор и др. компоненты. Молочные и сливочные ароматизаторы с ароматом молока и сливок могут применяться при изготовлении соевых аналогов

творога, сухих заменителей сливок для кофе, замороженных десертов. Вкусоароматические добавки «Укроп-чеснок», «Зелень», «Аджика», «Луковая приправа», «Паприка», «Грибы» и др. используются для приготовления тофу и сухого кори-тофу. При производстве соевого сыра применяются специи с вкусом сыра типа «Чеддер», «Начо», копченый сыр, а приправы «Аджика», «Укроп-чеснок», «Грибы» можно смешивать с основной массой или употреблять в качестве присыпок. Такие приправы, как «Тмин», «Лук жареный», «Лук зеленый», «Чесночная», «Паприка» и др. используются для особых видов хлебобулочных изделий с массовой долей белка 13–24%, а также при выпечке булочек и других мелкоштучных хлебопекарных изделий с добавлением соевых белковых продуктов. Успешно зарекомендовали себя ароматизаторы «Вишня», «Лесная земляника», «Клюква», «Шоколад», «Абрикос», «Апельсин», «Мед», «Ананас», «Банан» и др. при производстве печенья, тортов, сухих смесей, кексов, конфет, бисквитов, десертов с использованием соевых белков. Находят потребителя соевые соусы и майонезы со вкусоароматическими добавками «Зелень», «Грибы», «Мексиканская приправа». Существуют грибные вкусоароматические добавки с кусочками грибов и зелени разной степени измельчения. Для концентратов супов предлагаются композиция «Смесь овощей», состоящая из сушеных овощей различной степени помола, а также пищевкусовые основы куриного и говяжьего супа, ароматизаторы «Аромат говядины» и «Аромат свинины». Различные фруктово-ягодные, сливочно-ванильные, шоколадные, ореховые и др. ароматизаторы используются при приготовлении десертных напитков, содержащих как соевые белковые изоляты, так и концентраты. Для экструзионных изделий типа сухих завтраков с применением сои, кроме ароматизаторов, традиционных для кондитерского производства, используют «Гриль приправу», «Барбекю», ароматизаторы «Пицца», «Сальса-кетчуп», «Аджика», различные приправы с вкусом сыра, овощей, копченых мясных изделий. Компания «Фрутаром» рекомендует использовать при производстве сосисок с добавлением соевых продуктов комплексные вкусоароматические смеси «Смесь для сосисок», «Комплекс для сосисок», при производстве сарделек – «Франкфуртер», вареных колбас – «Мортаделла», «Парижская». Технологи компании разработали широкий ассортимент комплексных смесей, способствующих восстановлению привычных для потребителя вкуса и аромата готового мясопродукта и использующихся также при производстве полуфабрикатов, пельменей, паштетов и др.

По данным российских специалистов ВНИИ сои, биологическая ценность круп, не являющихся полноценными по аминокислотному составу, может быть существенно повышена при помощи бинарных крупяных композиций с использованием соевой крупы (табл. 7.1, 7.2).

7.1. Содержание незаменимых аминокислот, мг/100 г (в числителе) и аминокислотный скор, % (в знаменателе) круп и крупяных бинарных композиций (по С. М. Доценко и др., 2002 г.)

Незаменимые аминокислоты	Норма (ФАО/ВОЗ)	Соевая	Гречневая	Перловая	Гречневая + 25% соевой	Перловая + 50% соевой
Триптофан	1,0/100	1,3/130	1,8/180	1,0/100	1,7/170	1,1/110
Метионин + цистин	3,5/100	3,1/88	6,5/185	2,9/82	5,9/168	3,0/86
Изолейцин	4,0/100	5,2/130	4,6/115	3,3/82	4,75/119	4,2/105
Треонин	4,0/100	4,0/100	4,0/100	2,1/52	4,0/100	3,1/78
Валин	5,0/100	6,0/120	5,9/118	3,7/74	5,92/118	4,9/98
Лизин	5,5/100	6,0/109	5,3/96	3,0/54	5,5/100	4,5/82
Фенилаланин + тирозин	6,0/100	7,6/127	10,2/170	6,8/113	9,6/160	7,2/120
Лейцин	7,0/100	7,6/109	7,45/106	4,9/70	7,56/108	5,8/83
Σ НАК	36/100	40,8/113	45,7/127	27,7/77	45/125	33,8/94

Интересно также отметить, что в Японии убранные еще **зелеными соевые бобы (эдамаме)** варят в течение 15–20 минут в стручках с добавлением соли и подают в качестве закуски к вину или пиву. В Китае зеленые соевые бобы (мао-тоу) используют при приготовлении легких завтраков или обедов, а также консервируют их. **Соевые побеги**, богатые витаминами и минеральными веществами, на Востоке с успехом заменяют зеленые овощи, обладая при этом большей питательностью. Блюда с ростками сои традиционны в китайской кухне. На острове Ява готовят соевое тесто, ферментируя в течение не менее 2 суток вареные соевые бобы со смесью рисовой муки и муки из глютинозного (клейкого) риса. Полученная после ферментации масса помещается в соленый раствор и со временем становится похожей на густое тесто оранжевого цвета.

Украинские специалисты провели исследования с целью разработки новых комплексных добавок полифункционального назначения (А. Б. Рудавская, Н. В. Притульская, 2001 г.). Изученные добавки состояли из следующих ингредиентов: 1 серия – сухое обезжиренное молоко + соевые компоненты (концентрат, изолят соевого белка); 2 серия – сухое обезжиренное молоко + черный пищевой альбумин (сухая кровь убойных животных) + соевые компоненты. Исследования, проведенные в вариациях по набору и количеству отдельных добавок, показали, что практически все композиции могут быть применены при производстве фаршевых мясо- (до 16%), рыбопродуктов (до 7%); хлебных (до 4%); кондитерских изделий (до 12%); пищевых концентратов (до 40%),

в т. ч. сухих завтраков (до 22%); начинок для конфет (до 5%); различных кулинарных изделий. Исследование степени переваримости образцов показало, что разное происхождение белковых добавок, входящих в композицию, обеспечивает приближение аминокислотного профиля к рекомендованным нормам и повышает доступность ингредиентов ферментам желудочно-кишечного тракта.

7.2. Химический состав (%) и энергетическая ценность круп и крупяных бинарных композиций (по С. М. Доценко и др., 2002 г.)

Крупа	Белки	Жиры	Моно- и дисахариды	Крахмал	Клетчатка	Энергетическая ценность, ккал
Соевая	34,9	17,3	5,7	3,5	4,3	332
Гречневая	12,6	3,3	1,4	60,7	1,1	335
Перловая	9,3	1,1	0,9	65,6	1,0	320
Гречневая + 25% соевой	18,2	6,8	2,5	46,4	1,9	334
Перловая + 50% соевой	22,2	9,3	3,4	34,6	2,7	326

Использование соевого шрота в научно-обоснованных рецептурах комбикормов способствует заметному снижению затрат на производство единицы животноводческой продукции, дает ощутимое сокращение времени откорма животных, уменьшение их заболеваемости и падежа. По некоторым данным, при регулярном скармливании животным обработанного соевого шрота и корма на основе сои среднесуточный прирост живой массы может увеличиться в два раза, а расход корма на производство единицы продукции снизиться на 1/3. При этом период откорма для получения 100 кг прироста живой массы может уменьшиться в среднем на 10–15 дней на фоне повышения качества продукции животноводства (О. В. Щегорец, 2002 г.). В США взамен костной, рыбной муки, хлопковых жмыхов в последнее время при изготовлении комбикормов широко используют соевый шрот. Белковая часть производимых в этой стране кормов зачастую более чем на 2/3 обеспечивается именно присутствующим в них соевым шротом. Около 2/3 телят, выращиваемых в Соединенных Штатах Америки, откармливаются заменителями молока. При этом до 30% молочных белков могут заменяться белками сои (Л. А. Джонсон, 1985 г.). В комбикормовой промышленности США в качестве стандартного значения при производстве кормовой соевой муки принималась активность уреазы 0,2 pH (изменение pH). Однако исследования последних десятилетий показали, что применение соевой муки со значением активности уреазы до 0,5 pH допустимо в кормах для птицы. Некоторые ученые связывают проявление дерматита подошвы стоп с использованием

в рационах птиц больших доз соевой муки (L. S. Jensen, 1970 г.). Появление этого заболевания объясняют повышением липкости и влажности подстилки в связи с относительно высоким содержанием калия в соевой муке (P. W. Waldroup и др., 1985 г.). Кроме того, считается, что плохо переваримая углеводная фракция соевой муки может являться субстратом развития бактерий в подстилке (C. M. Parsons и др., 1980 г.). Американские ученые установили также, что повреждение протеина при перегреве соевой муки оказывается более существенным при ограниченном уровне лизина в корме. Проводятся аналогичные исследования и в Российской Федерации. К примеру, российскими учеными в условиях Дальневосточной птицефабрики установлено, что при введении в рацион промышленных кур-несушек до 15% тостированного соевого шрота с восполнением дефицита серосодержащих аминокислот в виде синтетической добавки метионина, удается получать хорошие показатели продуктивности птицы. А замена в рационах кур тостированного соевого шрота экструдированной соевой мукой с добавкой метионина способствует увеличению яйценоскости, снижению затрат кормов на производство продукции без ухудшения качества яиц (А. М. Иванов, 1999 г.). Концентраты, изоляты соевых белков, соевая мука используются также для откорма ягнят, поросят и молодняка других животных.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные причины, определяющие интенсивное развитие индустрии по переработке соевых семян.
2. Охарактеризуйте основные функциональные свойства соевых продуктов.
3. Каковы основные направления применения соевой муки в пищевой промышленности?
4. Как влияет использование соевой муки на технологические показатели хлебопечения?
5. Каковы особенности использования соевых продуктов при производстве мясопродуктов?
6. Благодаря чему стало возможным использование соевых изолятов в клинической практике лечебного питания?
7. Каковы особенности и результаты использования соевых продуктов в комбикормовой промышленности?

Глава 8

Производство соевых продуктов в Российской Федерации

В последние годы в России увеличивается производство продуктов питания на соевой основе. Так, технологии консервирования сои, разработанные специалистами Краснодарского НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, позволяют получать богатые белковыми веществами и маслом консервы из зеленых соевых бобов, напоминающие по вкусу консервированный зеленый горошек или зеленую консервированную фасоль. На основе прогрессивных технологий производства и при учете современных требований по созданию высокоценных и безопасных в пищевом отношении белковых продуктов в Краснодарском крае организовано производство соевой дезодорированной полуобезжиренной пищевой муки по ТУ 92293-013-10126558-96. В такой муке практически полностью инактивируется уреаза и более чем на 2/3 снижается активность ингибиторов трипсина, что достигается благодаря использованию современных технологий предварительной термической обработки (А. В. Подобедов, 1999 г.).

ООО «Интер-соя» под торговой маркой «Сойка» выпускает разнообразные натуральные пищевые продукты на соевой основе: соевое молоко; фруктовые и несладкие йогурты; нейтральные и соленые соевые сыры; сыры с укропом, тмином, морской капустой; сладкие сыры с курагой, изюмом, ванилином; мороженое; пирожные; паштеты; сырники и др. Во многих продуктах (котлеты, оладьи, блины, пончики, пирожные, аджика и др.) можно использовать выпускаемую фирмой соевую окару, являющуюся ценным низкокалорийным диетическим продуктом, хорошо впитывающим вкус и аромат других компонентов пищи и сочетающимся практически со всеми другими продуктами питания.

Ассоциацией «Интер-соя» налажен выпуск стерилизованных готовых к употреблению соевых бобов, которые можно добавлять в салаты, вторые блюда, супы, употреблять с майонезом. Выпускаемые компанией соевые котлеты со вкусом мяса и с различными овощными добавками (свекла, морковь, картофель), фитосыры, паштеты на основе соевого сыра, соевые пирожные и мороженое с шоколадом и фруктозой довольно популярны и пользуются спросом населения.

ООО «МГК-Соя» производит на соевой основе йогурт, овощную икру, майонез, десерт, мягкое масло, тофу, сметану. Овощная икра из высокобелкового растительного сырья с добавлением моркови, лука, томата, растительного масла, специй имеет мягкую пастообразную кон-

систенцию, ярко выраженный вкус, цвет и запах кабачковой икры. Выпускаемый фирмой соевый сыр имеет консистенцию мягкого сыра, нежный вкус. На основе нейтрального тофу (почти без запаха) производят тофу с наполнителями из пряных растений (кориандра, перца, тмина), морской капусты, зелени, а также пасты из тофу – «Закусочная», «Пикантная», «Креветочная», «Грибная», «Витаминная». ООО «МГК-Соя» вырабатывает десерт из соевого молока с использованием высокоочищенного растительного масла, сахара, какао-порошка, кофе, сливочного или фруктово-ягодного ароматизатора. По внешнему виду, вкусу и консистенции десерт напоминает сгущенное молоко и имеет запах, соответствующий ароматизатору или наполнителю. Соевое мягкое масло создается на основе растительных соевых «сливок» и рафинированных дезодорированных масел и является оригинальным диетическим продуктом с различным содержанием жиров и составом вкусовых наполнителей. Мягкое соевое масло «Деликатесное», «Легкое», «Фруктовое», «Шоколадное» отличается от традиционного масла более нежной консистенцией, меньшей калорийностью, содержит витамины групп А, В, Е, легкоусвояемые белки, ненасыщенные жирные кислоты, не содержит компонентов животного происхождения.

ЗАО «Роспродтех» производит в г. Санкт-Петербурге на основе чешского сырья текстурированные соевые продукты марки «BONA VITA». Из обезжиренной соевой муки на основе экструзионного процесса с использованием пищевых добавок выпускаются различные виды соевого мяса: гуляш, шницель, фарш, ветчинный гуляш, куриный шницель, мясо по-пекински, пикантный гуляш, рубленая ветчина, бефстроганов. Богатые белками, сбалансированными по аминокислотному составу, соевые текстурированные продукты востребованы вегетарианцами, спортсменами, религиозными людьми, пригодны к использованию в лечебных целях.

Московский завод ООО «Соевые продукты», перерабатывая отборную дальневосточную сою, выпускает оригинальную серию пищевых продуктов «Флора». В соответствии с повышенным вниманием потребителей к безопасности и экологичности продуктов питания предприятие отказалось от использования химических добавок, красителей, консервантов, в производственном процессе применяются уникальные отечественные технологии и щадящие режимы обработки соевых семян, позволяющие максимально сохранить полезные свойства сои. Соевое фитомолоко представляет собой напиток, по свойствам и составу сходный с натуральным коровьим молоком и заменяющий его в любых продуктах. Соевый фитойогурт «Флора» – это диетический продукт, изготовляемый из фитомолока с помощью специальной закваски и способствующий нормализации микрофлоры кишечника. Диетический фито-

майонез фирмы ООО «Соевые продукты» с нежным традиционным вкусом майонеза типа «Провансаль» производится из фитомолока, соевого масла, горчицы, уксуса и не содержит животных компонентов (яйца, коровье молоко). Заменители мяса «Флора» (гуляш, фарш, азу, шницель) по вкусу и структуре сходны с натуральным мясом, являются источником полноценного белка, отличаются простотой и быстротой приготовления, удобством транспортирования и хранения.

Московская фирма «Белок» предлагает универсальную технологию производства продуктов питания эмульсионного типа на основе высококачественных изолированных соевых белков. Технология реализуется на достаточно простом и недорогом отечественном оборудовании и позволяет вырабатывать соевый напиток, сметану, йогурты, плавленые сыры с различным вкусом и ароматом.

Фирмой «Дисо-К», также действующей в Москве, разработано более 1300 разнообразных продуктов с использованием сои: сухие смеси для быстрого приготовления напитков, коктейлей; хлебобулочные изделия, обогащенные соевым белком; мучные смеси с соей для выпечки оладий, блинов; пасты на основе соевого белка с овощами; замороженные полуфабрикаты с соей – пельмени, блинчики, сырники и др.

Рядом российских фирм производится качественное соевое масло под торговыми марками «Филевское», «Злато», «Русское поле» и др. Иркутский масложиркомбинат является основным потребителем соевых семян на Дальнем Востоке России. На современном технологическом оборудовании комбината производятся соевое масло, маргарин, майонез, соевый шрот и мука, соевый сыр тофу, сладкие пасты и др. Соя Дальневосточного региона перерабатывается и на базе ЗАО УМЖК «Приморская соя» (ранее Уссурийский масложиркомбинат). АО «Дальневосточный акционерный Комсомольский городской молочный завод» выпускает продукцию на соевой основе с использованием уникальной автоматизированной линии шведской фирмы «Тетра Пак». В Амурской области производственно-коммерческая фирма ЗАО «Флибустьер» производит соевую дезодорированную муку для пищевой промышленности и комбикорма на соевой основе для всех видов животных и птицы. Ежегодно предприятие производит до 12 тыс. т высокоэффективных кормов для животноводческой отрасли сельского хозяйства.

В Краснодарском крае на базе ООО «Кропоткинские фермерские хозяйства АККОР-АГРО» выпускается белковый растительный концентрат, использующийся в мясных и колбасных изделиях. Предприятие, испытывая новые сорта сои пищевого направления, способно при этом реализовать технологическую цепочку от выращивания соевых семян до выпуска конечного пищевого продукта.

Ассоциация переработчиков сои «Ассоя» сформировала в Краснодарском крае комплексную производственную систему переработки и

контроля качества продуктов из сои. Ассоциация «Ассоя» производит соевую муку и сухое молоко, жидкие и пастообразные продукты с включением соевого белка. Соевый белок под торговой маркой «Союшка», производимый предприятиями ассоциации, используется во многих регионах России в качестве функциональной добавки в хлебопекарной, кондитерской, молочной, мясоперерабатывающей, масложировой и других отраслях пищевой промышленности.

В 2002 году группа компаний «Техномол» открыла в г. Лыткарино Московской области первый в России завод по производству соевого текстурата. Мощности предприятия позволяют ежегодно перерабатывать 20 тыс. т соевых семян, производя соевую муку, соевый текстурат (соевое «мясо»), соевое масло, находящие применение в том числе и в качестве пищевых добавок в мясоперерабатывающем, кондитерском, хлебобулочном производствах. Побочная продукция производства (соевый жмых) представляет интерес для животноводческих хозяйств Московской области. Переработка сои на заводе в Лыткарино осуществляется по новейшей технологии Ex Press с использованием механического способа извлечения масла из соевых семян без применения химических реактивов и органических растворителей, что немаловажно в связи с повышенным вниманием к вопросам экологической безопасности.

В Российской Федерации число пищевых предприятий, производящих и использующих продукты переработки сои, с каждым годом увеличивается, растут объемы производства, стабилизируется рынок сбыта соевой продукции. В ряду перспективных мероприятий следует выделить увеличение производства соевой продукции с длительным сроком хранения и освоение отечественными предприятиями технологий глубокой переработки семян сои для получения концентрированных соевых белков в требуемых объемах.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте современное положение производства и переработки соевых семян в РФ.
2. Какие соевые продукты производятся в России?
3. Каковы потребности и объемы производства в РФ соевого текстурата?
4. Является ли перспективным направление производства и переработки соевых семян в РФ?

Глава 9

Перспективы производства семян сои и развития предприятий по их переработке в Российской Федерации

В России дефицит пищевых белков по некоторым оценкам составляет в последние годы более 25%. Реальная потребность пищевой промышленности РФ в наиболее дешевых и доступных соевых белках постоянно увеличивается и составляет в настоящее время 40 тыс. т в год (в пересчете на сухие концентрированные продукты) с дальнейшим возрастанием этой потребности в последующие годы (предположительно до 85–100 тыс. т к 2010 г.). Однако в России соевый белок в виде концентратов и изолятов в требуемых количествах пока не вырабатывается. Текстурированную соевую муку зачастую производят из импортной соевой муки. Соевые концентраты поступают в Россию из Дании, США, Германии, Голландии, большие объемы соевых изолятов ввозятся из Бельгии, Голландии, США. Неудовлетворительным остается положение с внутренним производством и устойчивым обеспечением пищевой промышленности РФ семенами сои. Так, по данным Минсельхозпрода в России в первые годы постсоветского периода – с 1991 по 1997 гг. – были сокращены площади посевов сои с 664,05 до 404,48 тыс. га или почти на 40%. В течение этого периода валовой сбор сои уменьшился более чем в 2 раза – с 662 до 280 тыс. т. Снижение объема заготовок семян сои было обусловлено как сокращением площади посевов, так и падением урожайности культуры. Процесс уменьшения площади посевов сои в России был приостановлен лишь в 1998 году. Посевная площадь сои в этом году составляла 453 тыс. га. В Российской Федерации максимальные площади посевов сои были традиционно расположены в регионах Дальнего Востока: Амурской области (около 60% от общей площади посевов), Приморском (около 20%) и Хабаровском краях (1–8%), Еврейской АО (5–7%). Среди других регионов наибольшие площади под посевы сои отводились в Краснодарском крае (6–10%). В наибольшей степени сокращение площади посевов сои в стране было обусловлено уменьшением их в Амурской области – в основном регионе возделывания сои. На Севером Кавказе отмечалось сокращение площади посевов сои с 58–66 тыс. га в начале 90-х годов до 36–48 тыс. га в 1995–1997 гг. Однако в 1998 году площади сои в этом регионе были резко увеличены и составили почти 100 тыс. га или 22% от общей площади посевов сои в стране (в Краснодарском крае – 78 тыс. га). Начиная с 1999 г., в Российской Федерации вновь отмечена тенденция сокращения посевных площадей сои. Так, в 2001 г. под сою во всех хозяйствах

страны было отведено 417 тыс. га земельных угодий, что составляло 0,5% от всей посевной площади. В 2002 и 2003 гг. посевные площади сои заметно возросли и достигли 476 и 586 тыс. га соответственно, доля сои в структуре посевных площадей увеличилась до 0,6% в 2002 г. и 0,7% в 2003 г. Наиболее значительное падение урожайности сои в стране происходило в 1991–1995 гг. – темпы падения составили в среднем 0,68 ц/га в год. Урожайность сои в среднем за 1986–1990 гг. составила 10,6 ц/га, в период 1991–1995 гг. она снизилась до 8,8 ц/га, а в среднем за 1996–2000 гг. составила 8,4 ц/га. Существенное снижение урожайности произошло практически во всех основных регионах возделывания сои. В период с 1996 по 2003 гг. урожайность сои в РФ оставалась на сравнительно невысоком уровне – 7,2 (в 1996 г.) – 11,7 ц/га (в 2002 г.).

Более половины общего объема производства сои в последние годы приходилась на Амурскую область, хотя в связи с сокращением площади посевов и падением урожайности удельный вес этого региона в производстве соевых семян в стране постоянно снижается. Существенное падение производства в период с 1991 г. по 1997 г. произошло также в Приморском крае (102,88 тыс. т в среднем за 1986–1990 гг. и 36,03 тыс. т в 1997 г.). Неустойчивым было производство сои в эти годы на Северном Кавказе. Снижение производства произошло практически во всех регионах возделывания сои. Заметно сократилось производство сои в Волгоградской и Саратовской областях. Однако в Курской области, Алтайском крае, Новосибирской области отмечалась тенденция увеличения производства сои. В целом по стране валовой сбор семян сои снизился с 649 тыс. т в среднем за 1986–1990 годы до 467 тыс. т в среднем за 1991–1995 годы. В последние пять лет прошлого столетия валовой сбор сои колебался по годам от 280 тыс. т (в 1997 г.) до 342 тыс. т (в 2000 г.), а в 2001, 2002 и 2003 гг. составил 350, 423 и 393 тыс. т соответственно.

Важное значение в решении проблемы производства достаточных количеств высококачественных семян сои имеет использование на практике лучших результатов научно-исследовательских работ в области селекции, генетики, семеноводства, биотехнологии, агротехники. Так, например, специалистами Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева и Рязанского НИПТИ АПК созданы сорта сои северного экотипа «Магева», «Окская», «Светлая», «Касатка», что делает возможным ее эффективное возделывание и в условиях Центрального Нечерноземья (Г. С. Посыпанов и др., 2004 г.). Сорт «Магева» районирован в 1991 г., сумма активных температур – 1850 °С, содержание белка в семенах – 46,6%, жира – 17,8%. Сорт «Окская», устойчиво вызревающий на отметке 55° северной широты и южнее, районирован в Центральном Нечерноземье, сумма активных температур – 2100 °С, содержание белка – 43,2%, жира – 18,4%. Самый скороспелый из районированных – сорт сои «Светлая» требует меньшей суммы активных температур – 1800 °С, у него

более короткий период вегетации, чем у сортов «Магева» и «Окская», он не уступает этим сортам по семенной продуктивности (урожай семян может достигать 32 ц/га), содержание белка – 44,6%, жира – 16,0%. Сорт «Касатка» может надежно возделываться севернее 56° северной широты (сумма активных температур – 1750 °С). Семенная продуктивность этого сорта – 30 ц/га при содержании белка на уровне 46,7%, а жира – 16%.

Всероссийский НИИ сои координирует научно-исследовательские программы по сое на Дальнем Востоке, в Сибири и на Алтае. По результатам работы здесь в ряду районированных сортов весьма перспективным оказался сорт «Соната», а сорт «Даурия» отличается не только высокой урожайностью, но и хорошими технологическими характеристиками для механической переработки. Эти сорта устойчивы к неблагоприятным погодным условиям и наиболее распространенным заболеваниям. Во ВНИИ масличных культур им. В. С. Пустовойта (г. Краснодар) ведутся селекционные исследования сортов с повышенной питательной ценностью семян для применения в пищевых и кормовых целях. В Краснодарском крае на базе института ведется работа по созданию сортов сои с улучшенными пищевыми достоинствами, способных обеспечить высокие потребительские качества получаемых продуктов питания. Селекция высокобелковых сортов позволяет повысить эффективность использования сои в кормлении всех видов животных в условиях специализированных хозяйств. Возделывание сортов с пониженным содержанием антипитательных компонентов снижает энергетические затраты на тепловую обработку сои, повышает ее питательную ценность и безвредность. Традиционные сорта сои ВНИИМК содержат в среднем 40–42% белка. Количество трипсиновых ингибиторов в соевых семенах может достигать 6% от общего содержания белка (при активности от 11 до 38 мг/г муки). В семенах созданного специалистами института сорта сои «Фора» накапливается 44–45% белка, трипсинингибирующая активность которого составляет 16 мг/г (у традиционных сортов – 22–24 мг/г). Семена сорта «Фора» имеют повышенную крупность (масса 1000 шт. – 260–280 г), хорошую набухаемость, светлую окраску семенной кожуры. Другой новый высокобелковый сорт сои пищевого назначения, имеющий пониженную трипсинингибирующую активность, получил название «Веста». По вкусовым качествам он близок к эталонным вкусовым качествам материнской формы сорта «Фора», однако превышает ее по урожайности и характеризуется устойчивостью к растрескиванию семян. Во ВНИИМК создается перспективный селекционный материал для дальнейшей селекционной работы по выведению сортов сои с повышенной питательной ценностью. Селекция сортов сои пищевого назначения должна ориентироваться на снижение трипсинингибирующей активности, повышение содержания белка в семенах, улучшение физи-

ческих, органолептических, вкусовых характеристик семян (А. В. Кочегура, С. В. Зеленцов, 2002 г.).

В системе совершенствования селекционной базы и улучшения качества семян сои особую роль играет биотехнология. В США трансгенная соя выращивается с 1992 г., а продукты ее переработки широко используются в пищевой и комбикормовой промышленности разных стран, в том числе и России. Все импортируемые в нашу страну соевые продукты должны проходить обязательный контроль на трансгенность. При этом пищевые продукты, полученные из генетически модифицированных источников (ГМИ), содержащих в рецептуре более 5% компонентов из ГМИ, должны иметь особую маркировку на потребительской упаковке с целью обеспечения осознанного выбора такой продукции потребителем.

Техническое и технологическое отставание перерабатывающей промышленности нашей страны не позволяет наладить эффективную переработку достаточных количеств соевых семян для обеспечения потребностей отечественной пищевой промышленности в продуктах переработки сои. В связи с этим необходимо проведение комплекса мероприятий по стимулированию создания отечественным машиностроением современных технологических решений с учетом передовых мировых достижений в переработке соевых семян и использовании продуктов переработки. Работа в этом направлении в России проводится во ВНИИ сои РАСХН (г. Благовещенск), в рамках ассоциации «Интер-соя», «Ассоя», Фонда содействия внедрению социальных инноваций (Фонд «СИ»), на предприятии ФГУП «ГНПП Сплав» (г. Тула) и др. Специалисты ВНИИ сои ведут разработку рецептур комбинированных мясных и молочных, рыбных и крупяных продуктов, пищевых концентратов, совершенствуют технологии переработки сои. Предприятия ассоциации «Интер-соя» работают по единым технологиям, используя отечественное сырье и однотипное оборудование. Ассоциация поставляет технику и технологические решения для выпуска соевых продуктов. Фонд «СИ» проводит совместную работу с Таганрогским заводом «Прибой» по внедрению передового опыта организации производства соевых продуктов с использованием малогабаритных машин. «ГНПП Сплав» разрабатывает и выпускает комплекты основного и вспомогательного оборудования по переработке сои в пищевые и кормовые продукты, которые включают в себя измельчитель-диспергатор, парогенератор, пресс для творога и сыра, заквасочное оборудование. Подключаются к работе в этом направлении и другие предприятия и организации.

Дальнейшее развитие переработки семян сои в РФ должно основываться на создании сети современных предприятий по глубокой переработке сои с применением экологически чистых и безотходных технологий, позволяющих производить широкий ассортимент продуктов питания и новых компонентов, пригодных к использованию в различных от-

раслях отечественной промышленности. Это позволит насытить внутренний рынок качественной и недорогой пищевой продукцией, обеспечить животноводство сбалансированными, высокопитательными кормами, ускорить решение проблемы белкового дефицита в рационах питания широких слоев российского населения. Новые экономические рыночные условия и необходимость соблюдения экологических требований современного сельскохозяйственного производства будут стимулировать повышенное внимание к сое со стороны отечественных товаропроизводителей. Использование существующего в мире разнообразия сортов и развитие селекционной деятельности непосредственно в России позволит выращивать устойчиво высокие урожаи семян сои сравнительно хорошего качества в агроклиматических зонах, заметно отличающихся по срокам и условиям созревания. Потенциал роста урожайности и расширения удельной доли культуры в структуре посевных площадей, как показывают статистические данные и сравнительный анализ мировых данных, в Российской Федерации далеко не исчерпан. Существуют хорошие перспективы развития соеводства и индустрии по переработке семян сои в ряде регионов нашей огромной страны с различными почвенно-климатическими условиями. Способность сои поглощать азот из воздуха и превращать в форму, доступную для усвоения растениями, благодаря симбиотическим отношениям между растением сои и обитающими на его корневой системе клубеньковыми бактериями, делает расширение посевных площадей под указанную культуру экономически и экологически перспективным и высокоэффективным. Благодаря азотфиксирующим свойствам, производственные затраты на выращивание сои по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами невысоки. Работа селекционеров и биотехнологов по созданию сортов сои не только с повышенными показателями продуктивности и пищевой ценности семян, но и с пониженным содержанием антипитательных веществ также, очевидно, будет способствовать дальнейшему росту популярности этой культуры. Совершенствующиеся технологии переработки соевых семян в различные пищевые и кормовые продукты позволяют повышать эффективность соответствующих пищевых производств. Расширение ассортимента и качества выпускаемых в РФ продуктов питания на соевой основе должно сформировать расширяющуюся маркетинговую нишу, особенно в секторе растительных продуктов лечебного и диетического питания. Устойчивый потребительский спрос может значительно повысить экономическую эффективность пищевого производства с использованием сравнительно недорогого отечественного соевого сырья. Все вышесказанное в сочетании с необходимостью выхода страны на экспортные позиции в области производства продовольственного сырья и продуктов питания позволяет сделать вывод о хороших перспективах расширения возделывания и переработки сои в Российской Федерации при соответствующей государственной поддержке.

Контрольные вопросы

1. Существует ли потребность в расширении производства соевых семян для нужд пищевой и комбикормовой промышленности РФ?
2. Охарактеризуйте современное положение в производстве и переработке соевых семян в России и в мире.
3. Укажите основные перспективные направления работы по улучшению качества выращиваемых семян сои и по повышению продуктивности указанной культуры.
4. Каковы перспективы дальнейшего развития предприятий по производству и переработке соевых семян в РФ?

5—2431

Глава 10

Анализ качества продуктов переработки соевых семян

10.1. Методы анализа показателей качества соевого жмыха и шрота

Лабораторная работа № 1. Отбор проб из партий соевого жмыха и шрота по ГОСТ 13979.0-86

ГОСТ 13979.0-86 распространяется на жмыхи, шроты и горчичный порошок, получаемые при переработке масличных семян, и устанавливает правила приемки и методы отбора проб.

Жмыхи и шроты принимают партиями. Партией на предприятии-изготовителе считают жмыхи и шроты одного наименования, одного сорта, выработанные за одну смену или сутки и оформленные одним документом о качестве. Партией жмыхов и шротов, отгружаемой с предприятия-изготовителя, считают жмыхи и шроты одного наименования, одного сорта, предназначенные к единовременной отгрузке и оформленные одним документом о качестве.

Оборудование и материалы: пробоотборник автоматический; щуп конусный; ковш ручной вместимостью 0,25 кг; измельчитель лабораторный; поднос из дюралюминия или алюминия с вырезом в одной из стенок; ступка фарфоровая; сито штампованное металлическое с отверстиями диаметром 3 мм; банки с плотно закрывающимися крышками, бутылки, плотно закрывающиеся пробками; планки деревянные со скошенными ребрами.

Отбор точечных проб

1. Точечные пробы при погрузке (выгрузке) жмыхов и шротов в вагоны, склады и силосы элеватора отобрать путем пересечения в местах перепада вертикально падающей струи ковшом или автоматическим пробоотборником через равные промежутки времени. Периодичность отбора точечных проб установить в зависимости от скорости продукта из расчета 100 г на каждую тонну, но не менее 2,0 кг от партии.

2. Точечные пробы жмыхов и шротов с автотранспорта отобрать конусным щупом из пяти точек, отступая по 0,5 м от борта, в четырех углах и в середине из верхнего и нижнего слоев, касаясь щупом дна.

3. Точечные пробы жмыхов и шротов, хранящихся в складах насыпью, отобрать конусным щупом в шахматном порядке из верхнего, среднего и нижнего слоев через каждый 1 $м^2$ для жмыхов и через каждые 2 $м^2$ для шротов, но не менее 2,0 кг от партии.

4. Отбор проб жмыхов и шротов, упакованных в мешки, произвести вслепую по ГОСТ 18321-73 (независимо от субъективных предположений контролера относительно качества отбираемой единицы продукции). От каждой партии жмыха отобрать 20% мест, от каждой партии шрота – 10% мест, но не менее трех мест при малых партиях. Из каждого выбранного мешка отобрать одну точечную пробу, для чего из расшитых мешков отобрать конусным щупом около 0,5 кг жмыха или шрота. Из первого очередного мешка пробу брать сверху, из второго – из середины, из третьего – снизу. Если в партии до 10 мешков, то пробы отбирать из каждого второго мешка, при количестве мешков в партии от 10 до 100 – из 5 мешков плюс 5% от количества мешков в партии, а при количестве мешков от 100 и выше – из 10 мешков плюс 5% от количества мешков в партии.

Составление объединенной пробы

1. При отгрузке жмыха и шрота с завода-изготовителя отобранные точечные пробы ссыпать в чистую тару, тщательно перемешать и получить объединенную пробу – совокупность точечных проб.

2. В тару вложить этикетку с указанием: наименования предприятия-изготовителя; наименования продукта, его вида, сорта; массы партии; даты отбора пробы; номера транспортного документа; подписей лиц, отобравших пробу.

Выделение средней пробы

1. Среднюю пробу жмыхов и шротов выделить из объединенной пробы вручную путем диагонального деления. Для этого объединенную пробу высыпать на поднос, хорошо перемешать при помощи двух деревянных планок со скошенным ребром и разровнять в виде квадрата. Полученный квадрат поделить по диагонали на четыре равные части, из которых взять две противоположные части, а две другие отбросить. Взятые части снова тщательно перемешать и разровнять в виде квадрата. Указанным выше способом провести повторное деление на четыре части по диагонали и отбросить две другие противоположные части. Таким методом пробу сократить до 2,0 кг (средняя проба) и поместить в банку с плотно закрывающейся крышкой.

2. Среднюю пробу жмыхов и шротов предварительно измельчить в ступке или на лабораторной мельнице до прохода через сито с отверстиями диаметром 3 мм.

3. Из средней пробы жмыхов и шротов выделить 1,0 кг для определения содержания металлопримесей, а оставшийся 1 кг разделить на три равные части и каждую поместить в чистую, сухую банку с плотно закрывающейся крышкой или в бутылку, плотно закрывающуюся пробкой. Одну часть пробы использовать для анализа, вторую – в случае возникшей необходимости в повторных испытаниях при приемке партий, поступающих в

железнодорожных вагонах и автотранспортом, а третью – опечатать и хранить не менее 1 мес. на случай разногласий по оценке качества продукции.

4. К банкам или бутылкам с частями средней пробы прикрепить этикетки с указанием наименования предприятия-изготовителя и получателя; наименования продукта, его вида и сорта; номера транспортного документа; массы партии; даты и места отбора проб; фамилий лиц, отобравших пробу; обозначения стандарта.

Лабораторная работа № 2. Определение влаги, жира и протеина, содержащихся в соевом жмыхе и шроте, методом спектроскопии в ближней инфракрасной области по ГОСТ 30131-96 на анализаторе «Инфрапид 61»

Сущность метода заключается в измерении интенсивности отраженного от исследуемого объекта при определенных длинах волн света в ближней ИК-области спектра и в расчете содержания определяемого компонента по уравнению регрессии.

Приборы, аппаратура и материалы: анализатор «Инфрапид 61»; измельчающие устройства (электрические мельницы ЭМ-3А, МПР-2, бытовые электрокофемолки и др.); набор лабораторных сит (сита с диаметром 1 и 1,8 мм); сосуды с герметическими крышками; шпатель; градуировочные образцы жмыхов и шротов с известными массовыми долями определяемых компонентов, найденными стандартными химическими методами.

Подготовка к измерениям

1. Отобрать образцы по ГОСТ 13979.0-86.

2. Измельчить анализируемые и градуировочные образцы до полного прохода частиц через сито с отверстиями диаметром 1,8 мм – для жмыха и 1,0 мм – для шрота.

3. Выдержать измельченные образцы при температуре окружающей среды не менее 1 ч.

4. Тщательно перемешать образец (10–15 раз) в наклоненном под углом 45° сосуде.

5. Перенести образец шпателем в чистую кювету для проведения измерений.

6. Не менее чем за 30 мин до начала измерений прибор включить в сеть (перед проведением градуировки – не менее чем за 1 ч до ее начала).

Проведение измерений

Измерения показателей анализируемых образцов проводят на отградуированных приборах. Градуировку анализатора «Инфрапид 61» проводят для каждого продукта по градуировочным образцам с известными массовыми долями влаги, сырого жира и протеина. Градуировка прибора по одному компоненту занимает 2–2,5 ч. Периодичность градуировки – один раз в 6 месяцев.

1. Через 30 мин после включения прибора нажать клавишу «ВИД».

2. После распечатки на бумаге условных обозначений и появления на дисплее прибора надписей «Готов к работе», а затем «ДТ», на клавиатуре набрать цифровое обозначение даты и нажать клавишу «ВХД».

3. После появления на дисплее надписи «ВВОД» нажатием кнопки «ТЕСТ» ввести в микропроцессор анализатора следующие данные: номер канала, в который будут заложены уравнения регрессии для измерения компонентов анализируемого продукта; вид математического преобразования спектра; аналитические длины волн; коэффициенты уравнений регрессии, позволяющие проводить вычисления массовой доли анализируемых компонентов.

4. Привести прибор в положение режима измерения «АНАЛИЗ» нажатием клавиш «ВЗР» и «ВИД».

5. Начать загрузку прибора нажатием клавиши «ТЕСТ».

6. Для присвоения анализируемому образцу порядкового номера после появления на дисплее сообщения «П-:00,00» набрать на цифровой клавиатуре цифру 1 и ввести ее в прибор с помощью клавиши «ВХД».

7. При появлении на дисплее сообщения «%», обозначающего запрашиваемое количество анализируемых компонентов (в нашем случае – массовая доля влаги, сырого жира и сырого протеина), на цифровой клавиатуре набрать цифры 1, 2, 3 и клавишей «ВХД» ввести их в микропроцессор прибора.

8. При появлении на дисплее сообщения «С», ввести для каждого анализируемого компонента жмыхов или шротов необходимую информацию о количестве спектральных параметров, набирая цифру 12 (т. к. в уравнении для вычисления компонентов имеются два члена) и нажимая клавишу «ВХД».

9. После появления на дисплее сообщения «АНАЛИЗ» нажать клавишу «ВХД», выдвинуть пробоприемник и поместить в него измерительную кювету с подготовленным образцом.

10. После появления на дисплее сообщения «СТД КЛ», означающего переход прибора на режим внутренней калибровки, а затем появления на дисплее вслед за звуковым сигналом сообщения «Проба» пробоприемник с кюветой задвинуть.

11. После появления на дисплее сообщения «Спектра», означающего, что прибор приступил к анализу образца, а по завершении измерения – сообщения «Дисплей» вывести результаты анализа на печатающее устройство с помощью клавиши «ПРИНТ» или на дисплей, нажимая на цифровой клавиатуре цифру 1 – для получения результата измерения массовой доли влаги, цифру 2 – для получения результата измерения массовой доли сырого жира, цифру 3 – для получения результата измерения массовой доли сырого протеина.

12. После записи всех результатов измерений нажать клавишу «СЛЕД», выдвинуть пробоприемник.

13. После появления на дисплее сообщения «СТД.КАЛ» кювету с образцом повернуть на 120° вокруг собственной оси.

14. При появлении на дисплее сообщения «ПРОБА» последовательно дважды провести повторные определения.

15. По завершении трех измерений анализируемого образца в одной кювете провести параллельные измерения того же образца, помещенного в другую кювету.

Обработка результатов

За окончательный результат измерения принимается среднее арифметическое результатов шести определений, допускаемые расхождения между которыми при повороте кюветы не должны быть более двух последних разрядов измеряемого значения. Например, если измеряемое значение заканчивается десятыми долями, то различия могут быть не более 0,2. При больших значениях расхождений образец необходимо снова измельчить и тщательно перемешать. Допускаемые отклонения при P = 0,95 между параллельными измерениями одного и того же образца не должны превышать: 0,4% – по массовой доле влаги жмыха или шрота; 0,4 и 0,3% – по массовой доле сырого жира в жмыхе и шроте соответственно; 1% – по массовой доле сырого протеина жмыха или шрота. При расхождениях, больше указанных значений, необходимо провести повторное определение, учитывая при расчете среднего арифметического значения всех проведенных измерений. Все результаты выдаются с пересчетом на абсолютно сухое вещество.

Лабораторная работа № 3. Определение влаги и летучих веществ в соевом жмыхе и шроте по ГОСТ 13979.1-68

Настоящий стандарт распространяется на жмыхи, шроты и горчичный порошок, получаемые при переработке масличных семян, и устанавливает методы определения массовой доли влаги и летучих веществ в интервале значений от 2 до 20%.

Ускоренный метод высушивания при 130 °С

Аппаратура: шкаф сушильный лабораторный с терморегулятором, обеспечивающим погрешность поддержания температуры не более 3 °С; весы лабораторные 3 и 4 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 или 500 г, или другие весы с тем же классом точности; эксикатор 2–190 или 2–250 с прокаленным хлористым кальцием; стаканчики для взвешивания (бюксы) типа СН с конусом горловины 45/13 или алюминиевые диаметром 50 мм и высотой 50 мм по нормативно-технической документации; термометр технический на 250 °С.

Подготовка к испытанию

1. Отобрать пробы по ГОСТ 13979.0-86.

Проведение испытания

1. В высушенные при 100–105 °С до постоянной массы бюксы взять две пробы измельченного продукта массой около 5 г каждая, взвесить на весах 3 или 4 класса точности с записью результата до 0,01 г.

2. Высушить пробы в сушильном шкафу при (130±2) °С в течение 40 мин.

3. После высушивания охладить пробы в эксикаторе в течение 15–20 мин.

4. Взвесить бюксы с пробами для определения по разности массы проб до и после высушивания массовой доли влаги и летучих веществ.

Обработка результатов

Массовую долю влаги и летучих веществ W в процентах вычислить по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100 ,$$

где m – масса пустой бюксы в г; m_1 – масса бюксы с пробой до высушивания в г; m_2 – масса бюксы с пробой после высушивания в г.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое двух определений. Относительная погрешность метода, найденная в интервале от 2 до 20%, составляет 3,5%. Допустимые расхождения между максимальными и минимальными значениями при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать 10% по отношению к среднеарифметической величине. При поставке продукции на экспорт допускаемые расхождения при параллельных определениях должны соответствовать условиям контракта.

Лабораторная работа № 4. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина в соевом жмыхе и шроте с использованием метода Къельдаля по ГОСТ Р 51417-99 (ИСО 5983-97)

Содержание сырого и переваримого протеина – важнейшие показатели питательности кормов. Сырой протеин представляет собой суммарное содержание азота белковых и небелковых соединений в органическом веществе, умноженное на коэффициент 6,25. Сырой протеин представлен в основном белками и пептидами (пептиды – промежуточные вещества, образующиеся в растениях при синтезе белка или при его распаде под действием ферментов и бактерий). Протеин, усваивающийся животными в процессе пищеварения, называется переваримым и определяется балансным методом как разница между сырым протеином и потерями с экскрементами животных. Питательная ценность протеина в основном зависит от входящих в его состав аминокислот и их количественного соотношения. Под биологической ценностью протеинов понимают % использования переваримого азота корма животными. Для обес-

печения высокой продуктивности животных (за исключением жвачных, у которых содержащиеся в рубце микроорганизмы способствуют образованию белка тела из небелковых азотистых соединений) белок должен содержаться в кормовых рационах в достаточных количествах.

Настоящий стандарт устанавливает метод определения содержания азота и метод вычисления содержания сырого протеина в кормах, комбикормах и комбикормовом сырье методом Къельдаля. В некоторых случаях этим методом невозможно полностью определить нитраты и нитриты. Сущность метода состоит в разрушении органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора, высвобождении продукта реакции щелочью с последующей отгонкой и титрованием выделяющегося аммония. Для определения содержания сырого протеина вычисленное содержание азота умножают на коэффициент 6,25.

Реактивы и материалы: калий сернокислый; катализаторы: оксид меди (II) (CuO) или 5-водная сернокислая медь (II) ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$); серная кислота, молярной концентрации $c(H_2SO_4)$ = 18 моль/дм^3, $\rho(H_2SO_4)$ = = 1,84 г/см^3; парафиновая смола; сахароза; стандартные вещества: ацетанилид, точка плавления 114 °С, содержание азота (N) 103,6 г/кг, или триптофан, точка плавления 282 °С, содержание азота (N) 137,2 г/кг (перед использованием триптофан высушивают); раствор гидроокиси натрия массовой долей 33%; поглощающие жидкости: серная кислота, стандарт-титр, молярной концентрации $c(H_2SO_4)$ = 0,05 моль/дм^3 или $c(H_2SO_4)$ = 0,125 моль/дм^3; растворы для титрования: гидроокись натрия, стандарт-титр, молярной концентрации c(NaOH) = 0,1 моль/дм^3 или c(NaOH) = 0,25 моль/дм^3; смешанный индикатор, интервал перехода при pH от 4,4 до 5,8 (растворяют 2 г метилового красного и 1 г метиленового голубого в 1000 см^3 95% этанола); лакмусовая бумага; материалы, предотвращающие выбрасывание жидкости (кусочки пемзы, стеклянные шарики диаметром от 5 до 7 мм или стружки карборунда, промытые соляной кислотой и дистиллированной водой и прокаленные). Используют реактивы квалификации х.ч., ч.д.а., дистиллированную или деионизированную воду. Реактивы (за исключением стандартных веществ) должны быть практически свободны от азотсодержащих соединений. При проведении анализа используют также следующую лабораторную аппаратуру: весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; установки для сжигания (блок для сжигания является аппаратом, обеспечивающим равномерное нагревание разлагаемой смеси), отгонки и титрования.

Подготовка к испытанию

1. Отобрать пробы по ГОСТ 13979.0-86.

2. Хранить пробы в условиях, не допускающих порчу и изменение состава. Важно, чтобы в лабораторию поступала представительная проба без повреждений и изменений при транспортировке или хранении.

3. Подготовить испытуемые пробы по ГОСТ Р 51419.

Проведение испытания

1. На весах 2 класса точности взять навеску пробы в количестве от 0,005 до 2 г. Масса навески однородных воздушно-сухих проб должна быть от 0,5 до 2,0 г, масса навески влажных и (или) неоднородных проб должна быть от 2,5 до 5,0 г.

2. Навеску пробы количественно перенести в колбу Къельдаля соответствующей вместимости (обычно 800 $см^3$).

3. Добавить 15 г сернокислого калия и катализатор: 0,3 г оксида меди (II) или от 0,9 до 1,2 г 5-водной сернокислой меди.

4. Добавить 25 $см^3$ серной кислоты для первого грамма сухого вещества навески и от 6 до 12 $см^3$ для каждого дополнительного грамма сухого вещества.

5. Тщательно перемешать содержимое колбы, чтобы полностью смочить навеску.

6. Колбу установить наклонно под углом 30–45° к вертикали. Во время нагревания колба должна находиться в этом положении. Сначала колбу нагревать умеренно, чтобы предотвратить поднятие пены до горла колбы или ее выбрасывание из колбы (желательно добавить пеногаситель, например, парафиновую смолу).

7. Нагревать умеренно, поворачивая время от времени колбу, до тех пор, пока масса не обуглится и не исчезнет пена. Затем нагревание усилить до состояния, пока не установится равномерное кипение. Нагрев является достаточным, если кипящая кислота конденсируется в середине колбы Къельдаля. Следует избегать перегрева стенок колбы, не находящихся в контакте с жидкостью. Если используется открытое пламя, такой перегрев можно предотвратить путем установления колбы на лист жаростойкого материала с отверстием диаметром немного меньшим, чем диаметр колбы на уровне жидкости.

8. После осветления жидкости до светлого зеленовато-голубого цвета колбу нагревать еще в течение 2 ч.

9. Дать колбе остыть. Если минерализат начинает застывать, осторожно добавить немного дистиллированной воды и перемешать круговыми движениями.

10. Для отгонки аммиака осторожно добавить в колбу от 250 до 300 $см^3$ дистиллированной воды для полного растворения сульфатов. Если это требуется, ускорить растворение путем нагревания колбы в теплой воде. Затем все перемешать круговыми движениями и оставить остывать. У некоторых специфичных образцов сульфаты могут не раствориться полностью в дистиллированной воде. В этом случае рекомендуется повторить сжигание с использованием меньшей массы сульфата калия.

11. Добавить немного материала, предотвращающего выбрасывание.

12. Пипеткой перенести в приемную колбу отгонного аппарата 25 $см^3$ серной кислоты, выбирая ее концентрацию в зависимости от ожидаемого содержания азота в навеске.

13. Добавить от 100 до 150 $см^3$ дистиллированной воды и несколько капель смешанного индикатора.

14. Кончик трубки холодильника погрузить в жидкость, содержащуюся в приемной колбе, на глубину не менее 1 см. Медленно по стенкам в отгонную колбу ввести 100 $см^3$ раствора гидроокиси натрия.

15. Колбу немедленно присоединить к отгонному аппарату и нагревать с такой интенсивностью, чтобы за 30 мин собрать около 150 $см^3$ дистиллята. По истечении этого времени лакмусовой бумагой проверить pH дистиллята на кончике трубки холодильника. Если реакция щелочная, отгонку продолжить.

16. Сразу после окончания дистилляции кончик трубки холодильника вынуть из жидкости для предотвращения обратного засасывания. Если во время отгонки с использованием в качестве поглощающей жидкости серной кислоты содержимое приемной колбы становится щелочным, определение повторяют, внося соответствующие изменения.

17. Титрование рекомендуется проводить с автоматическим установлением конца титрования, используя pH-метр. В противном случае конец дистилляции определяют по изменению цвета смешанного индикатора.

18. При использовании в качестве поглощающей жидкости серной кислоты, избыток серной кислоты в приемной колбе оттитровать раствором гидроокиси натрия соответствующей концентрации $c(NaOH)$ = = 0,1 моль/$дм^3$ или $c(NaOH)$ = 0,25 моль/$дм^3$ до конечной точки, определяемой на pH-метре или по изменению окраски раствора из зеленой в фиолетовую.

19. Провести холостое определение, используя вместо навески около 1 г сахарозы.

20. Провести контрольный анализ путем определения содержания азота в ацетанилиде или триптофане, добавляя 1 г сахарозы. Выбор вещества для контрольного анализа зависит от того, насколько легко озоляются испытуемые пробы. Ацетанилид озоляется легко, в то время как триптофан сжигается труднее. Обнаружение азота ацетанилида должно составлять не менее 99,5% и триптофана – не менее 99,0%. Максимальная разница между определениями, выполненными одновременно, не должна превышать 3 г азота в кг сухого вещества.

Обработка результатов

1. Вычислить массовую долю азота (при отгонке аммиака в серную кислоту).

1.1. Если для поглощения аммиака при анализе испытуемой пробы и холостом определении взяты одинаковые объемы серной кислоты, массовую долю азота в испытуемой пробе W_N (г/кг) вычислить по формуле:

$$W_N = \frac{(V_0 - V_1) \cdot c_1 \cdot M}{m},$$

где V_0 – объем раствора гидроокиси натрия, использованный для титрования при холостом определении, см^3; V_1 – объем раствора гидроокиси натрия, использованный для титрования при анализе пробы, см^3; c_1 – концентрация раствора гидроокиси натрия, использованного для титрования, моль/дм^3; M – молярная масса азота, г/моль (M = 14 г/моль); m – масса навески, г.

1.2. Результат вычислить до третьего десятичного знака и округлить до второго.

2. Вычислить массовую долю сырого протеина.

2.1. Вычислить массовую долю сырого протеина в испытуемой пробе $W_П$ (г/кг) по формуле:

$$W_П = 6{,}25 \cdot W_N,$$

где W_N – массовая доля азота в испытуемой пробе, г/кг.

2.2. Результат вычислить до первого десятичного знака и округлить до целого.

2.3. Абсолютная разница между результатами двух независимых единичных испытаний, полученная при использовании одного и того же метода на идентичной пробе, в той же лаборатории, тем же оператором, при использовании одного и того же оборудования, за короткий промежуток времени, не более чем в 5% случаев может превышать норматив сходимости (r), получаемый по формуле:

$$r = 2{,}28 \text{ г/кг} + 0{,}0147\ W_{П\,ср},$$

где r – норматив сходимости, г/кг; $W_{П\,ср}$ – среднее арифметическое двух единичных результатов определения массовой доли сырого протеина, г/кг.

2.4. Абсолютная разница между результатами двух единичных испытаний, полученная при использовании одного и того же метода на идентичной испытуемой пробе в различных лабораториях различными операторами на разном оборудовании, не более чем в 5% случаев может превышать норматив воспроизводимости (R), получаемый по формуле:

$$R = 12{,}8 \text{ г/кг} + 0{,}0361\ W_{Пср},$$

где R – норматив воспроизводимости, г/кг; $W_{Пср}$ – среднее арифметическое двух единичных результатов определения массовой доли сырого протеина, г/кг.

3. Оформить протокол испытания, который должен содержать: информацию, необходимую для полной идентификации пробы; метод отбора проб, если он известен; использованный метод испытания; полученный результат испытания, или массовую долю азота, или массовую долю сырого протеина вместе с использованным для пересчета коэффициентом (6,25); если контролировалась сходимость, сослаться на конечный полученный результат; все детали проведения испытания, не установленные настоящим стандартом или рассматриваемые как необязательные, вместе

с подробностями любых случайностей, имеющих место при проведении испытания, которые могли влиять на результаты испытания.

Лабораторная работа № 5. Определение содержания сырого жира в соевом жмыхе и шроте по ГОСТ 13496.15-97

Жиры являются не только источником энергии для животного организма, но и участвуют в клеточном обмене веществ, служат растворителями важнейших для организма витаминов. Сырой жир может быть извлечен из кормов их обработкой этиловым эфиром и включает в свой состав довольно разнообразные вещества (жиры, жирорастворимые витамины и пигменты, стерины). Растительные жиры, содержащие триглицериды ненасыщенных жирных кислот, хорошо усваиваются организмом, а некоторые жирные кислоты (линоленовая, линолевая) должны содержаться в кормах, т. к. не синтезируются организмом животных.

ГОСТ 13496.15-97 распространяется на все виды растительных кормов, комбикормов, комбикормовое сырье (за исключением минерального сырья, дрожжей кормовых и паприна*), муку животного происхождения и устанавливает методы определения сырого жира, представляющего смесь триглицеридов жирных кислот и сопутствующих веществ (свободных жирных кислот, спиртов, альдегидов, провитаминов, пигментов, стеринов, эфирных масел и др.), извлекаемых органическими растворителями.

Определение содержания сырого жира по массе извлеченного сырого жира (основной метод)

Сущность указанного метода заключается в экстракции сырого жира из продукта растворителем с последующим удалением растворителя, высушиванием и взвешиванием извлеченного жира.

Аппаратура и материалы: мельница лабораторная МРП-2; шкаф сушильный лабораторный с погрешностью не более ±2 °С; сито с отверстиями диаметром 1 мм; ножницы; весы лабораторные 2 класса точности с пределом взвешивания 200 г; аппарат Сокслета вместимостью экстрактора 150 и 250 см^3 и колбы к нему вместимостью 250 и 500 см^3; баня водяная с терморегулятором; испаритель ротационный или перегонный аппарат с дефлегматором; стеклянные или пластмассовые банки вместимостью 250–300 см^3 с плотно закрывающимися пробками или крышками; эксикатор; бюксы стеклянные; пипетки градуированные 1(2, 4, 5)-2-2; цилиндр мерный 1(2, 3, 4)-2-1000; вата медицинская гигроскопическая; бумага фильтровальная лабораторная марки ФНБ; эфир медицинский (диэтиловый); ацетон; соляная кислота, х.ч., ч.д.а., концентрированная и разбавленная дистиллированной водой 1:1; кальций хлори-

---

* Паприн – кормовые дрожжи, выращенные на среде с парафинами нефти (источник углерода)

стый технический, предварительно прокаленный при температуре 250–300 °С в течение 2 ч; песок кварцевый; натрий сернокислый безводный, х.ч., ч.д.а., или натрий фосфорнокислый однозамещенный 2-водный, х.ч., ч.д.а.; вода дистиллированная.

Подготовка к испытанию

1. Из точечных проб анализируемого продукта составить объединенную пробу, перемешать и выделить из нее методом квартования среднюю пробу.

2. Пробу жмыха или шрота размолоть, размолотый материал просеять через сито, остаток на сите измельчить, добавить к пробе и перемешать.

3. Подготовленные пробы хранить в сухом месте в стеклянной или пластмассовой банке с крышкой.

4. Для пересчета результатов испытания на абсолютно сухое вещество в подготовленной для испытания пробе определить содержание влаги.

5. Кварцевый песок промыть водопроводной водой, а затем залить разбавленной (1:1) соляной кислотой.

6. По истечении суток промыть песок водопроводной водой до исчезновения кислой реакции на лакмус, а затем – дистиллированной водой и высушить.

7. Прокалить песок, после чего просеять его через сито с диаметром отверстий 1 мм.

8. Для приготовления разбавленного раствора соляной кислоты к одному объему концентрированной соляной кислоты добавить один объем дистиллированной воды и тщательно перемешать раствор.

9. Для приготовления патрона из фильтровальной бумаги сначала ее необходимо обезжирить. Для этого в стеклянный (мерный) цилиндр с пришлифованной пробкой налить 100–200 см^3 диэтилового эфира. Затем лист фильтровальной бумаги свернуть в трубку и поместить в цилиндр, так, чтобы вся бумага поместилась в цилиндре, а цилиндр мог быть закрыт пробкой. После того как эфир поднимется до верхнего края бумаги, цилиндр открыть, бумагу вынуть и дать эфиру испариться. Ножницами от верхнего края отрезать полоску бумаги шириной 4–5 см, а остальную часть бумаги использовать для приготовления патронов.

10. Подобным же образом обезжирить в цилиндре вату (обезжиренную вату и бумагу хранить в закрытой посуде).

11. Навернуть обезжиренный прямоугольный лист фильтровальной бумаги на деревянную болванку. По мере навертывания свободный край бумаги подворачивать складками для образования донышка патрона. Размер патрона и объем аппарата Сокслета выбрать в зависимости от объема пробы. Объем патрона должен образовываться из двойного слоя бумаги, а его диаметр должен быть на 0,5 см меньше диаметра экстрактора.

12. На дно патрона положить кусочек обезжиренной ваты.

Проведение испытания

1. В патроне из фильтрованной бумаги взвесить 5,0–10,0 г испытуемой пробы в зависимости от ожидаемого содержания жира, с погрешностью не более 0,001 г. Сверху положить кусочек обезжиренной ваты.

2. Приготовленный таким образом патрон помесить в экстрактор аппарата Сокслета так, чтобы он не был выше верхнего изгиба сифонной трубки.

3. Колбу аппарата Сокслета высушить при температуре (105±2) °С в течение 30 мин и после охлаждения взвесить.

4. Наполнить колбу примерно на 2/3 объема эфиром и присоединить к экстрактору.

5. Пустить воду в холодильник и начать нагревать колбу с эфиром на водяной бане. При этом эфир, находящийся в колбе, испаряется и в виде пара проходит через широкую трубку экстрактора в холодильник, где охлаждается и в виде капель поступает в экстрактор с патроном. При заполнении экстрактора эфиром до верхнего изгиба сифонной трубки последний переливается в колбу, унося с собой жир. В течение 1 ч должно быть 7–9 сливов эфира. Экстракция обычно длится 3–4 ч.

6. По окончании экстракции эфир из колбы отогнать либо с использованием ротационного испарителя, либо на обычном перегонном аппарате с дефлегматором. Допускается отгонка эфира из колбы в экстрактор. В этом случае необходимо патрон удалить из экстрактора, колбу присоединить к аппарату Сокслета. После заполнения экстрактора до верхнего изгиба сифонной трубки чистый эфир слить из экстрактора, который затем вновь присоединить к аппарату Сокслета и отогнать оставшийся в колбе эфир.

7. По окончании отгонки эфира отсоединить экстрактор, колбу выдержать на бане до испарения растворителя.

8. В колбу с жиром добавить 2 см^3 ацетона и вновь провести упаривание растворителя.

9. После испарения растворителя колбу поместить в сушильный шкаф и высушить при температуре 105 °С в течение 1 ч, а затем охладить в эксикаторе и взвесить.

10. Провести последующее взвешивание после повторной сушки в течение 30 мин. Высушивание и взвешивание повторять до тех пор, пока разность двух последовательных взвешиваний будет не более 0,001 г.

Обработка результатов

1. Массовую долю сырого жира X (%) вычислить по формуле:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100,$$

где m_2 – масса колбы с сырым жиром, г; m_1 – масса пустой колбы, г; 100 – коэффициент пересчета в проценты; m – масса пробы, г.

2. Массовую долю сырого жира X_1 (%) на абсолютно сухое вещество вычислить по формуле:

$$X_1 = \frac{100 \cdot X}{100 - W},$$

где X – массовая доля сырого жира в испытуемой пробе, %; 100 – коэффициент пересчета в проценты; W – массовая доля влаги в испытуемой пробе (%), определенная по ГОСТ 27548.

3. За результат испытания принять среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Результаты вычислить до третьего десятичного знака и округлить до второго десятичного знака.

4. Допускаемые расхождения между результатами двух параллельных определений ($d_{абс}$) и между двумя результатами, полученными в разных лабораториях ($D_{абс}$) при доверительной вероятности $P = 0{,}95$, не должны превышать следующих значений:

$$d_{абс} = 0{,}05\ X_{ср} + 0{,}34;$$

$$D_{абс} = 0{,}09\ X_{ср1} + 0{,}62,$$

где $X_{ср}$ – среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, %; $X_{ср1}$ – среднее арифметическое результатов двух испытаний, выполненных в разных лабораториях, %.

Лабораторная работа № 6. Определение массовой доли золы в соевом жмыхе и шроте по ГОСТ 13979.6-69

Содержание золы в корме определяется количеством минеральных веществ, которые представлены кальцием, фосфором, натрием, калием, магнием, серой и др. В связи с тем, что указанные вещества имеют большое значение для нормального развития и функционирования организма животных, кормовые рационы всех видов и групп животных должны быть обеспечены в полной мере необходимыми минеральными веществами. Минеральные вещества необходимы для всех процессов обмена, выполняя роль структурных элементов или активаторов ферментов. Однако повышенное содержание золы в корме может быть связано и с ухудшением его качества.

Под общей золой понимают прокаленный минеральный остаток, полученный в результате сжигания пробы испытуемого вещества. Под золой, нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, понимают остаток общей золы, полученной после обработки ее раствором соляной кислоты с массовой долей 10% при кипячении.

Определение массовой доли общей золы

Аппаратура, реактивы и материалы: печь муфельная; сушильный электрошкаф с терморегулятором; весы лабораторные 2 класса точности; электроплитки; измельчитель механический или мельница электрическая лабораторная; сито металлическое штампованное с отверстиями диаметром 1 мм; тигли фарфоровые; стаканы Н-1(2)-250 ТС; цилиндры

1–50 (100); воронки ВФ 1-56 (75) ХС; эксикатор 2–180 (230, 290); промывалка; палочки стеклянные; раствор соляной кислоты с массовой долей 10%; серебро азотнокислое $c(AgNO_3)$ = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н); фильтры беззольные диаметром 7–8 см.

Подготовка к испытанию

Из среднего образца жмыха или шрота выделить около 15 г продукта и дополнительно измельчить его до прохода через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Проведение испытания

1. Прокалить тигель и взвесить его на весах 2 класса точности.

2. Взвесить около 5 г пробы жмыха или шрота на весах 2 класса точности с записью результата до четвертого знака.

3. В начале сжигания во избежание загорания материала поместить тигель на электроплитку, покрытую асбестом.

4. Усилить нагревание после прекращения выделения паров и газов, удалить асбест и продолжить прокаливание до полного исчезновения частиц угля.

5. Закончить прокаливание в муфельной печи, не превышая температуры темнокрасного каления (600–700 °С).

6. После прокаливания в течение 2 ч охладить тигель в эксикаторе и взвесить.

7. Повторить прокаливание до получения постоянной массы при продолжительности повторного прокаливания – 30 мин.

Обработка результатов

1. Вычислить по формуле массовую долю золы (X) в процентах:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m - m_2} \cdot 100,$$

где m – масса тигля с навеской до озоления, в г; m_1 – масса тигля с золой, в г; m_2 – масса пустого тигля, в г.

2. Вычислить массовую долю золы в пересчете на абсолютно сухое вещество (X_1) в процентах по формуле:

$$X_1 = \frac{100 \cdot X}{100 - W},$$

где X – массовая доля золы, в %; W – массовая доля влаги в испытуемом продукте, в %.

3. За окончательный результат принять среднее арифметическое двух определений, учитывая, что допускаемые расхождения при параллельных определениях не должны превышать ±0,05%.

Определение массовой доли общей золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%

Проведение испытания

1. Тигель с прокаленным остатком, полученным при определении общей золы, поместить наклонно в стеклянный стакан вместимостью 250 см^3 и облить 25 см^3 раствора соляной кислоты с массовой долей 10%.

2. Довести содержимое стакана до кипения и оставить в покое в течение 5 мин.

3. Вынуть тигель пинцетом и ополоснуть над стаканом дистиллированной водой из промывалки.

4. Отфильтровать через беззольный фильтр диаметром 7–8 см содержимое стакана, сливая жидкость тонкой струей по стеклянной палочке.

5. Промыть несколько раз водой стакан и палочку с тем, чтобы вся зола без потерь была перенесена на фильтр.

6. Промывать фильтр горячей водой до тех пор, пока промывные воды не перестанут давать муть с раствором азотнокислого серебра.

7. Загнуть края фильтра пинцетом внутрь, перенести фильтр в прокаленный и взвешенный тигель, а затем высушить их в сушильном шкафу.

8. Провести сжигание и прокаливание до полного озоления.

Обработка результатов

1. Вычислить массовую долю золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, (X_2) в процентах по формуле:

$$X_2 = \frac{m_1 - m_2}{m - m_2} \cdot 100,$$

где m – масса тигля с навеской до озоления, взятой для определения общей золы, в г; m_1 – масса тигля с нерастворимой золой, в г; m_2 – масса пустого тигля, в г.

2. Вычислить массовую долю золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, (X_2) в пересчете на абсолютно сухое вещество (X_3) в процентах по формуле:

$$X_3 = \frac{100 \cdot X_2}{100 - W},$$

где X_2 – массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, в %; W – массовая доля влаги в испытуемом продукте, в %.

3. За окончательный результат принять среднее арифметическое двух определений, принимая во внимание, что допускаемые расхождения двух параллельных определений не должны превышать ±0,05%.

Лабораторная работа № 7. Определение сырой клетчатки в соевом жмыхе и шроте по ГОСТ 13496.2-91

Питательная ценность сырой клетчатки, в состав которой входят главным образом целлюлоза, пентозаны, гексозаны и инкрустирующие вещества, как правило, низкая. Свиньи и птицы переваривают клетчатку

заметно хуже жвачных животных и лошадей, в пищеварительных трактах которых присутствуют микроорганизмы, облегчающие переваривание клетчатки грубых кормов. В связи с тем, что клетчатка плохо переваривается животными и с увеличением ее содержания общая питательная ценность корма снижается, в комбикормах ограничено содержание клетчатки, особенно для молодняка. Для жвачных животных клетчатка важна как фактор нормализации пищеварения в рубце, благоприятно влияющий на содержание жира в коровьем молоке.

Метод определения сырой клетчатки основан на удалении из продукта кислотощелочерастворимых веществ и определении массы остатка, условно принимаемого за клетчатку.

Аппаратура и материалы: шкаф сушильный лабораторный; мельница лабораторная; весы лабораторные 2-го (наибольший предел взвешивания 200 г), 3-го (500 г), 4-го (500 г) класса точности; насос электрический с разрешением 13 Па, водоструйный или насос Комовского; плитка электрическая; эксикатор; стаканчики стеклянные или алюминиевые диаметром и высотой 4–5 см; воронка Джандиери, в расширенной части которой находится плоская стеклянная пластинка с отверстиями диаметром 1–1,5 мм; асбест листовой; воронка Бюхнера диаметром 8–10 см; воронка стеклянная диаметром 5 см; стаканы химические вместимостью 300–400 см^3; колбы Бунзена для фильтрования под вакуумом; колбы мерные 2 класса точности вместимостью 1000 см^3; промывалка стеклянная или полиэтиленовая; палочки стеклянные длиной 20 см с резиновыми наконечниками; сито с отверстиями диаметром 1 мм; пинцет; бумага фильтровальная лабораторная марки ФНБ; бумага лакмусовая красная; трубки каучуковые и стеклянные; ткань для капронового сита диаметром отверстий не более 0,1 мм; ткань шелковая для сит; кислота серная и соляная концентрированные, х.ч. или ч.д.а.; калия гидроокись, х.ч. или ч.д.а.; кальций хлористый, ч.д.а.; спирт этиловый ректификованный или технический (гидролизный); эфир диэтиловый, медицинский; вода дистиллированная.

Подготовка проб к испытанию

1. Жмых или шрот с масличностью выше 1,5% предварительно обезжирить по ГОСТ 13496.15-97.

2. Средние пробы жмыха или шрота размолоть и просеять через сито без предварительного подсушивания или в случае необходимости после предварительного высушивания до воздушно-сухого состояния.

3. Подготовленные пробы поместить на хранение в стеклянную или пластмассовую банку с притертой пробкой (крышкой).

4. Приготовить растворы: серной кислоты массовой концентрации 4%, гидроокиси калия массовой концентрации 5%.

Проведение испытания

1. Навеску испытуемой пробы массой около 2 г, взвешенную с точностью до 0,001 г, поместить в стакан вместимостью 300–400 см^3,

прилить 200 см^3 4% раствора серной кислоты и тщательно перемешать стеклянной палочкой.

2. Уровень жидкости в стакане зафиксировать восковым карандашом.

3. Тщательно перемешать смесь стеклянной палочкой и довести до слабого кипения на электрической плитке, после чего продолжить кипячение в течение 5 мин при периодическом помешивании палочкой.

4. Воронку диаметром 5 см, обтянутую шелковой тканью или тканью капронового сита (или воронку Джандиери с бумажным фильтром для проб с содержанием клетчатки менее 3%) посредством изогнутой стеклянной трубки и толстостенной каучуковой вакуумной трубки соединить с колбой Бунзена вместимостью 3–5 дм^3, соединенной в свою очередь с вакуумным, водоструйным или насосом Комовского.

5. При работе с воронкой Джандиери вырезать бумажный фильтр по диаметру воронки, которым закрыть все отверстия ее сетчатого дна, и смочить его дистиллированной водой из промывалки.

6. Снять стакан с плитки, смыть со стенок приставшие частицы, дать отстояться осадку и еще горячий раствор отсосать с помощью насоса в колбу Бунзена, осторожно введя в стакан воронку до соприкосновения с поверхностью горячей жидкости.

7. Отсасывание прекратить, когда высота слоя жидкости над осадком будет на уровне примерно 10 мм.

8. По окончании отсасывания вынуть воронку из стакана, перевернуть фильтром вверх и дать стечь оставшейся жидкости в колбу Бунзена.

9. Выключить насос, снять пинцетом со дна воронки Джандиери фильтр и, приложив его к внутренней стенке стакана, промыть струей горячей дистиллированной воды, смывая с фильтра и со стенок стакана приставшие к ним частицы осадка, обмыть и воронку.

10. После отсасывания удалить из стакана промытый фильтр, налить в стакан горячую дистиллированную воду до метки, перемешать, дать отстояться осадку и снова отсосать раствор.

11. Провести отсасывание 3 раза, каждый раз с новым бумажным фильтром.

12. При использовании воронки, обтянутой тканью, тканевый фильтр после отсасывания раствора тщательно обмыть горячей дистиллированной водой, используя стеклянную палочку с резиновым наконечником для снятия частиц с ткани, воронку промыть над стаканом.

13. Отсасывание при использовании тканевого фильтра проводить три раза, используя один и тот же фильтр.

14. После промывания осадка дистиллированной водой от серной кислоты налить в стакан 100 см^3 5% раствора гидроокиси калия и дове-

сти горячей дистиллированной водой до метки 200 см^3 (концентрация щелочи в стакане составляет 2,5%).

15. Тщательно перемешать содержимое стакана и кипятить в течение 5 мин на электрической плитке.

16. После кипячения перенести осадок на воронку Бюхнера с бумажным фильтром, предварительно высушенным в сушильном шкафу при температуре 160 °С в течение 15 мин и взвешенным вместе с бюксой на весах 2 класса точности.

17. Для фильтрования использовать вакуумный, водоструйный или насос Комовского.

18. Осадок на фильтре последовательно отмыть от щелочи (лакмусовая проба) горячей дистиллированной водой, 15 см^3 спирта и 15 см^3 диэтилового эфира.

19. Промытый осадок перенести вместе с фильтром из воронки Бюхнера в ту же бюксу, в которой высушивали пустой фильтр, и высушить в сушильном шкафу при температуре 160 °С в течение 2 ч – для проб с содержанием сырой клетчатки более 15% и в течение 1,5 ч – для проб с содержанием сырой клетчатки менее 15%.

20. Охладить бюксу с фильтром в эксикаторе и взвесить на лабораторных весах 2 класса точности.

Обработка результатов

1. Вычислить массовую долю клетчатки (X) в процентах в испытуемой пробе по формуле:

$$X = \frac{100 \cdot m_1}{m}$$

где m – масса навески, г; m_1 – масса полученного сухого остатка, вычисленная по разности между массой бюксы с фильтром и клетчаткой и массой фильтра и бюксы, г; 100 – коэффициент пересчета в %.

За окончательный результат испытания принять среднее арифметическое результатов двух параллельных определений с округлением до первого десятичного знака. Допускаемые расхождения между результатами двух параллельных определений не должны превышать при доверительной вероятности $P = 0{,}95$: $d_{абс} = 0{,}38 + 0{,}033X_{ср}$, где $X_{ср}$ – среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, %.

2. Вычислить массовую долю сырой клетчатки (X_1) в процентах в сухом веществе по формуле:

$$X_1 = \frac{100 \cdot X}{100 - W},$$

где X – массовая доля сырой клетчатки в испытуемой пробе, %; W – влажность испытуемой пробы, %.

Лабораторная работа № 8. Определение общей энергетической питательности (ОЭП) жмыха соевого кормового и шрота соевого кормового тостированного

Определить общую энергетическую питательность (*ОЭП*) кормового соевого жмыха и шрота соевого кормового тостированного в кормовых единицах по формуле:

$$ОЭП = \frac{1{,}501П + 2{,}492Ж + 1{,}152БЭВ}{1000},$$

где БЭВ – содержание безазотистых экстрактивных веществ в процентах, рассчитанное по формуле: БЭВ = 1000 – (П + Ж + З + К); П – массовая доля сырого протеина по ГОСТ Р 51417-99; Ж – массовая доля сырого жира по ГОСТ 13496.15; З - массовая доля общей золы по ГОСТ 13979.6; К – массовая доля сырой клетчатки по ГОСТ 13496.2; 1,501; 2,492; 1,152 – энергетические коэффициенты сырых питательных веществ. Для выражения показателей (П, Ж, З, К) в граммах на килограмм необходимо их массовые доли умножить на 10.

Лабораторная работа № 9. Определение активности уреазы в соевом жмыхе и шроте по ГОСТ 13979.9-69

Для быстрого производственного контроля степени тостирования (тепловой обработки) с целью разрушения ингибиторов трипсина и других антипитательных веществ соевого жмыха или шрота измеряется активность фермента уреазы. Антипитательные вещества способны избирательно снижать усвоение отдельных нутриентов без выраженного проявления общей токсичности. Ингибиторы протеиназ, как уже отмечалось, образуют стойкие комплексы с главными пищеварительными ферментами поджелудочной железы: трипсином, химотрипсином, эластазой, подавляя их активность, что приводит к неполному перевариванию белков. По этой причине суммарное усвоение белков достоверно снижается. Наиболее высоко содержание ингибиторв протеиназ в сое, фасоли, пшенице, ржи. В меньших количествах обнаружены они в других злаковых и во многих овощах. По химической структуре ингибиторы протеиназ являются низкомолекулярными белками с несвойственной большинству соединений этого класса относительно высокой термической устойчивостью и резистентностью в отношении действия пищеварительных ферментов.

Активность уреазы выражается как повышение pH раствора образца жмыха или шрота, обработанного мочевиной в стандартных условиях. Увеличение pH менее чем на 0,2 в целом характерно для удовлетворительной тепловой обработки продукта. При такой активности уреазы активность ингибитора трипсина снижается до необходимого уровня (ниже, чем 6 мг/г остаточной активности). По данным ряда ученых, активность ингибиторов трипсина снижается практически в такой же степени, как и активность уреазы. Поэтому из-за простоты анализа показатель активности уреазы использовался для характеристики активности ингибитора трипсина. Кроме того, в кормах для молочных животных необходимо поддерживать низкий уровень активности уреазы в связи с тем, что при

увеличении pH более чем на 0,2 единицы под действием фермента в кормах, содержащих мочевину, может образовываться аммиак.

Настоящий стандарт распространяется на жмыхи и шроты, получаемые при переработке соевых семян, и устанавливает методику выполнения потенциометрического измерения активности уреазы в интервале значений 0,05–2,0 pH. Сущность метода заключается в изменении pH фосфатного буферного раствора, который образуется в результате воздействия уреазы на содержащуюся в растворе мочевину.

Аппаратура, материалы и реактивы: весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г или другие весы такого же класса точности; весы лабораторные 3 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500 г, или другие весы такого же класса точности; pH-метр или аналогичный прибор, с пределами измерений от минус 1 до 14 единиц pH с ценой деления индикатора от 0,01 до 0,1; электрокофемолка бытовая или аналогичное измельчающее устройство; баня водяная с терморегулятором или другое термостатирующее устройство, позволяющее поддерживать температуру (30±2) °С; электроплитка бытовая; термометр жидкостный стеклянный, позволяющий измерять температуру в диапазоне 0–50 °С, с ценой деления 1–2 °С; колба мерная 1-100-2; стаканы В-1-100 или В-1-150 ТС; колбы конические Кн-2–500 (1000) –34 ТХС или колбы плоскодонные К-2–500 (1000) –34 ТХС; цилиндр 1–50, 3–50; сито с отверстиями 0,25 мм из набора лабораторных сит; мочевина; известь натронная; раствор фосфатный буферный образцовый с pH около 7; калий фосфорнокислый однозамещенный (KH_2PO_4) или натрий фосфорнокислый однозамещенный 2-водный ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$); калий фосфорнокислый двузамещенный 3-водный ($K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$) или натрий фосфорнокислый двузамещенный безводный (Na_2HPO_4), или натрий фосфорнокислый двузамещенный 12-водный ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$); вода дистиллированная, не содержащая углекислого газа. Допускается применение другой аппаратуры и реактивов, по качеству и метрологическим характеристикам не уступающих перечисленным выше.

Подготовка к измерениям

1. Произвести отбор проб по ГОСТ 13979.0-86.

2. Дистиллированную воду прокипятить на электроплитке в течение 15 мин для удаления углекислого газа и охладить в колбе, закрывающейся пробкой, снабженной трубкой с натронной известью.

3. Для приготовления буферного раствора (при отсутствии стандарт-титров) на весах 2 класса точности (с записью результата до третьего знака) взвесить две пробы однозамещенной и двузамещенной солей калия или натрия в следующих количествах:

Масса однозамещенной соли, г		Масса двузамещенной соли, г		
KH_2PO_4	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	Na_2HPO_4 безводный	$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$
3,4	–	3,5	–	–
3,4	–	–	5,7	–
3,4	–	–	–	8,95
–	3,9	3,5	–	–
–	3,9	–	5,7	–
–	3,9	–	–	8,95

4. Растворить пробы подготовленной дистиллированной водой в мерной колбе вместимостью 1000 см^3 и довести объем раствора до 1000 см^3 (полученный буферный раствор А хранить в темном месте не более 1 мес.).

5. Для приготовления буферного раствора Б с мочевиной растворить мочевину в растворе А в колбе вместимостью 500 или 1000 см^3 из расчета 1,5 г мочевины на 50 см^3 раствора А (раствор Б хранить в темном месте не более 10 дней).

6. Из средней пробы методом диагонального деления отобрать пробу для анализа массой около 10 г.

7. Пробу измельчить до прохода не менее 60% ее через сито с отверстиями диаметром 0,5 мм. Просеянный материал вновь смешать с остатком на сите и использовать для взятия пробы.

8. При масличности продукта более 2% после измельчения обезжирить его в соответствии с ГОСТ 13979.2-94 (допускается использовать содержимое патронов, оставшееся после определения масличности жмыхов и шротов).

Проведение измерений

2. В один стакан прилить 50 см^3 раствора А и поместить его в водяную баню с температурой (30±2) °С.

3. Во второй и третий стаканы с интервалом в 5 мин прилить по 50 см^3 раствора Б и поместить их немедленно после приливания раствора в ту же водяную баню.

4. Время термостатирования – 30 мин, при этом следует каждые 5 мин перемешивать содержимое стаканов стеклянной палочкой, заканчивая перемешивания за 5 мин до конца нагрева.

5. По истечении 30 мин выдержки жидкость над осадком из каждого стакана декантировать в стаканчики прибора и определить pH каждого раствора в соответствии с прилагаемой к прибору инструкцией.

Обработка результатов

1. Активность уреазы в единицах pH вычислить по формуле:

$$A = pH_1 - pH_0,$$

где pH_1 *– значение pH в основном измерении (с раствором Б);* pH_0 *– значение pH в контрольном измерении (с раствором А).*

2. За окончательный результат измерения принять среднее арифметическое результатов двух параллельных измерений, расхождения между которыми не должны превышать 30% от среднего арифметического значения pH при доверительной вероятности 0,95. Все вычисления проводят с записью результата до второго десятичного знака.

10.2. Методы анализа показателей качества соевого масла

Лабораторная работа № 1. Отбор проб из партий соевого масла по ГОСТ Р 52062-2003

ГОСТ Р 52062-2003 распространяется на растительные масла, в т. ч. подвергнутые переработке с изменением химического состава, любого места происхождения, назначения, способа производства, и устанавливает правила приемки, методы и средства отбора проб нерасфасованных и расфасованных растительных масел.

Растительные масла принимают партиями. Партия масла, сдаваемого на склад из производства, – количество масла одного вида, одного способа обработки, одного сорта или марки, выработанное за одну смену или сутки и оформленное одним удостоверением качества и безопасности. Партия растительного масла на складе – количество масла одного вида, одного способа обработки, одного сорта или марки, содержащееся в одном баке маслохранилища или в однородной потребительской или транспортной таре. Партия масла, отгружаемого с предприятия-изготовителя, – количество масла одного вида, одного способа обработки, одного сорта, предназначенное к единовременной отгрузке и оформленное одним удостоверением качества и безопасности. При транспортировании в цистернах партией считают каждую цистерну.

Отбор проб масла из баков маслохранилищ (вертикальных цилиндрических баков)

1. Отбор проб масла проводить по всей высоте слоя зональным пробоотборником вместимостью около 500 см^3.

2. Первую мгновенную пробу отобрать на глубине 10 см от поверхности, последующие – через каждые 30–100 см (в зависимости от вместимости бака маслохранилища и уровня его заполнения) и так до уровня слива масла.

3. Отбор проб масла из баков маслохранилищ, предназначенных для длительного хранения, провести зональным пробоотборником: одну мгновенную пробу отобрать из верхнего слоя масла на уровне 50 см от поверхности, три пробы – из среднего слоя на уровне половины высоты налива и одну пробу – из нижнего слоя на уровне 20 см от дна бака.

4. Объединенную пробу составить в накопительном сосуде, смешав равные по массе мгновенные пробы.

Отбор проб из бочек, фляг и контейнеров

1. Для контроля качества масла в однородной транспортной таре (контейнеры, бочки, фляги, барабаны) отбирают от партии 10% единиц транспортной тары, но не менее четырех единиц.

2. Из каждой отобранной единицы тары отобрать одну мгновенную пробу.

3. Для отбора проб из бочек, фляг и контейнеров использовать трубчатый пробоотборник.

4. Объединенную пробу масла составить путем смешивания мгновенных проб в накопительном сосуде.

Отбор проб из бутылок и пакетов

1. Для проверки качества масла, разлитого в бутылки и пакеты, провести отбор «вслепую» по ГОСТ 18321-73 по одной бутылке или одному пакету от 1 т масла. Общий объем масла в отобранных бутылках или пакетах должен быть не менее 2500 см³.

2. После тщательного перемешивания отобрать из бутылок или пакетов пробы масла с помощью металлической трубки диаметром 10 мм. Металлическую трубку опустить до дна бутылки или пакета, затем верхнее отверстие трубки закрыть пальцем и поднять трубку.

Пробы из бутылок и пакетов отбирают также путем отливания из них равных количеств масла.

3. Мгновенные пробы слить в накопительный сосуд для составления объединенной пробы.

4. Тщательно перемешать объединенную пробу.

Приготовление лабораторных проб

1. Объединенную пробу масла объемом не менее 2500 см³ после тщательного перемешивания в накопительном сосуде перелить в переносной сосуд, плотно закрыть и доставить в лабораторию для сокращения и составления лабораторных проб.

2. Хорошо перемешанную объединенную пробу жидкого масла, полученную при отборе из танков наливных судов, железнодорожных цистерн, автоцистер и контейнеров, сократить до такого объема, одна четверть которого была бы достаточна для выполнения всех необходимых анализов. Сокращенную пробу разделить на четыре части, разливая в емкости для хранения вместимостью не менее 250 см³ каждая.

3. Емкости с пробами герметично укупорить и опечатать.

4. Каждую емкость с пробой снабдить этикеткой с указанием следующих реквизитов: наименования продукта; наименования и адреса изготовителя, упаковщика, экспортера, импортера, наименования страны и места происхождения; массы нетто или объема партии, от которой отобрана проба; вида и номера транспортного средства; наименования и номера документа качества и безопасности; даты изготовления и даты розлива (для продукта в потребительской таре); даты изготовления и

даты налива (для продукта в бочках, флягах, цистернах, баках, контейнерах, барабанах); даты отбора проб. Этикетка должна быть подписана лицами, отобравшими пробу.

5. Опечатанная контрольная проба должна храниться в холодильнике при температуре 5–10 °С на случай возникновения разногласий по качеству. Срок хранения пробы не должен превышать срока годности масла.

Лабораторная работа № 2. Определение запаха, цвета и прозрачности соевого масла по ГОСТ 5472-50

Сырые доброкачественные растительные масла имеют специфические, характерные для данного вида масла вкус и запах, по которым можно в определенной степени установить доброкачественность масла, его вид, а также наличие следов бензина (при экстракционном способе получения). Вкус и запах растительных масел зависит от вида, свежести, качества перерабатываемого сырья (неприятный, затхлый запах и вкус масла, полученного из дефектных семян), от способа производства (прессование или экстрагирование), от степени соблюдения технологических режимов извлечения и рафинации, изменяются указанные показатели качества и в процессе хранения (несоблюдение сроков хранения), при рафинации масла они становятся менее выраженными. Посторонние неприятные привкусы и запахи могут появляться вследствие несоблюдения условий товарного соседства при хранении растительных масел. Порча масел вследствие протекания определенных химических или биохимических процессов в условиях повышенной влажности, температуры, на свету, при контакте с воздухом, при длительном хранении может сопровождаться прогорклым вкусом, ощущением першения в горле при дегустации, появлением запаха и вкуса характерного для олифы. При прогоркании в маслах протекает совокупность процессов, приводящих к накоплению вредных для организма человека продуктов окисления жирных кислот, к снижению физиологической и пищевой ценности (вплоть до состояния непригодности к употреблению в пищу). Неприятные запах и вкус масел, возникшие под действием кислорода воздуха, света, влаги, ферментов, – следствие окислительного или гидролитического прогоркания. Окислительное прогоркание снижает качество жиров при хранении и происходит при их окислении кислородом воздуха с образованием вначале пероксидов и гидропероксидов, а в результате дальнейших превращений – вторичных продуктов окисления (альдегидов, спиртов, кетонов, кислот и их производных), обусловливающих появление неприятного привкуса и ухудшение запаха за счет входящих в их состав летучих соединений. При этом скорость окисления повышается с увеличением степени непредельности остатков жирных кислот, при повышенной температуре хранения, увеличении содержания кислорода в хранилище, под воздействием световой энергии. Гидролиз триацилглицеринов осуществляется при участии фермента липазы. Фермент липоксигеназа катализирует образование высокотоксичных гидроперекисей при окислении кислородом воздуха полиненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот (линолевой, линоленовой). Цвет растительных масел обусловливается присутствием в их составе красящих ве-

ществ (каротиноиды, хлорофилл, госсипол и их производные). Цвет растительного масла – показатель, отражающий окраску слоя масла, просматриваемого невооруженным глазом. Цвет сырых растительных масел достаточно специфичен, но может сильно изменяться в зависимости от способа извлечения и от условий хранения. Так, например, экстракционные масла окрашены интенсивнее прессовых, а под действием кислорода воздуха, УФ- и γ-излучения на каротиноиды масло постепенно обесцвечивается. Темный цвет масел, полученных из пораженных плесенью семян, обусловлен окислением микотоксинов. Прозрачность является показателем отсутствия в растительном масле при температуре 20 °С мути или взвешенных частиц, видимых невооруженным глазом и ухудшающих товарный вид масла, снижающих его сорт. В результате попадания влаги, сильного охлаждения, вызывающего выпадение восков или твердых триацилглицеринов, может наблюдаться помутнение или выпадение осадка в рафинированных маслах, а также в тех видах и сортах масел, которые по стандарту должны быть прозрачными, без осадка.

ГОСТ 5472-50 распространяется на растительные масла и устанавливает методы определения запаха, цвета и прозрачности растительных масел, а также метод определения степени прозрачности подсолнечного масла.

Органолептические методы определения запаха, цвета и прозрачности соевого масла

Аппаратура, материалы: стакан В-1–100 или В-1–150; цилиндр 2–100 или 4–100; термометр жидкостный стеклянный; баня водяная; пластинка стеклянная размером 10–30 см.

Подготовка к испытанию

1. Произвести отбор проб по ГОСТ Р 52062-2003.

2. Дать отстояться и профильтровать пробу испытуемого масла до проведения определения запаха и цвета.

3. Тщательно перемешать пробу испытуемого масла до проведения определения прозрачности.

4. Масло, подвергшееся охлаждению, предварительно нагреть при 50 °С на водяной бане в течение 30 мин. Затем медленно охладить до 20 °С и перемешать.

Проведение испытания

1. Определение запаха, цвета и прозрачности производить при температуре масла около 20 °С.

2. Для определения запаха масло нанести тонким слоем на стеклянную пластинку или растереть на тыльной поверхности руки. Для более отчетливого распознания запаха масло нагреть на водяной бане до температуры около 50 °С.

3. Для определения цвета масло налить в стакан слоем не менее 50 мм и рассмотреть в проходящем и отраженном свете на белом фоне. При испытании устанавливается цвет и оттенок испытуемого масла (желтый с зеленоватым оттенком, темно-зеленый и т. д.).

4. Для определения прозрачности 100 мл масла налить в цилиндр и оставить в покое при температуре 20 °С на 24 ч. Отстоявшееся масло рассмотреть как в проходящем, так и в отраженном свете на белом фоне. Испытуемое масло считается прозрачным, если оно не имеет мути или взвешенных хлопьев.

Лабораторная работа № 3. Определение кислотного числа соевого масла титриметрическим методом с потенциометрической индикацией по ГОСТ Р 52110-2003

Высококачественные пищевые и технические растительные масла должны содержать наименьшее количество свободных жирных кислот, показателем содержания которых является кислотное число. Кислотное число является одной из основных характеристик качества масла, его пригодности на пищевые цели. Накопление в масле свободных жирных кислот свидетельствует об ухудшении его качества, т. к. наличие этих кислот объясняется в основном протеканием процесса расщепления молекул триацилглицеринов под влиянием неблагоприятных условий хранения или незавершенностью процессов образования молекул триацилглицеринов. Гидролиз триацилглицеринов и окисление образовавшихся жирных кислот происходит под действием ферментов (липаза, липоксигеназа) или неферментативным путем и ускоряется при повышенной влажности и температуре. Кислотность растительного масла – показатель, характеризующий количественное содержание свободных жирных кислот и других титруемых щелочью веществ. Кислотное число характеризует качество и свежесть соевого масла и представляет собой условную величину, отражающую содержание в 1 г растительного масла свободных жирных кислот и других титруемых щелочью веществ, выраженную в мг едкого кали, необходимого для их нейтрализации.

Сущность метода заключается в растворении определенной массы растительного масла в смеси растворителей с последующим титрованием имеющихся свободных жирных кислот водным или спиртовым раствором гидроокиси калия или гидроокиси натрия. Метод применяется для всех видов растительных масел для определения кислотного числа в диапазоне 0,2–30,0 мг КОН/г. В соответствии с ГОСТ Р 52110-2003 кислотное число – физическая величина, равная массе гидроокиси калия в мг, необходимой для нейтрализации свободных жирных кислот и других нейтрализуемых щелочью сопутствующих триглицеридам веществ, содержащихся в 1 г масла. Выражается кислотное число в мг КОН/г.

Аппаратура и реактивы: весы лабораторные с пределом допустимой абсолютной погрешности не более ±0,02 г; pH-метры лабораторные (иономеры) с пределом измерений 0–14 единиц pH и ценой деления шкалы 0,01 или 0,05 единиц pH, снабженные стеклянными и хлорсеребряными электродами; стаканы В(Н)-1(2)-(100); бюретки 1–1(2, 3)–1(2)–5(25, 50) – 0,02(0,05, 0,1); мешалка магнитная; бумага фильтровальная; калия или натрия гидроокись молярной концентрации *c*(КОН) или

c(NaOH) = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н), х.ч. или ч.д.а., водный или спиртовой раствор; спирт этиловый технический (гидролизный) или ректификованный технический; хлороформ технический; эфир этиловый очищенный или эфир медицинский; спиртовый раствор фенолфталеина с массовой долей 1%; вода дистиллированная; смесь растворителей спиртоэфирная или спиртохлороформная.

Подготовка к испытанию

1. Приготовить спиртоэфирную или спиртохлороформную смесь растворителей из двух частей (по объему) этилового эфира и одной части этилового спирта с добавлением пяти капель раствора фенолфталеина на 50 см^3 смеси, или из равных частей этилового спирта и хлороформа также с добавлением пяти капель раствора фенолфталеина на 50 см^3 смеси.

2. Смесь нейтрализовать раствором гидроокиси калия или натрия молярной концентрации c(KOH или NaOH) = 0,1 моль/дм^3 до появления едва заметной розовой окраски. При использовании спиртоэфирной смеси титрование проводить водным или спиртовым раствором гидроокиси калия или гидроокиси натрия; при использовании спиртохлороформной смеси – спиртовым раствором гидроокиси калия или гидроокиси натрия.

3. Прозрачное незастывшее растительное масло хорошо перемешать.

4. В случае застывшего масла или при наличии в жидком масле мути или осадка поместить часть лабораторной пробы (50 г) в сушильный шкаф, в котором поддерживается температура (50±2) °С, нагреть до этой же температуры, а затем масло тщательно перемешать.

5. Масло, которое не становится прозрачным после нагревания, отфильтровать в шкафу при температуре 50 °С.

Проведение испытания

1. В стакан отвесить 2–3 г масла (записать результат до второго десятичного знака).

2. Прилить в стакан 40 см^3 нейтрализованной смеси растворителей.

3. Установить стакан на магнитную мешалку, включить ее.

4. Опустить в стакан электроды pH-метра так, чтобы они были погружены на глубину не менее 3 см.

5. Провести в соответствии с инструкцией, приложенной к прибору, потенциометрическое титрование раствора масла до эквивалентной точки в интервале pH от 11 до 13. В точке эквивалентности стрелка мгновенно регистрирует «скачок потенциала» (резкий сдвиг по шкале).

Обработка результатов

Вычислить кислотное число масла (X) в мг KOH/г по формуле:

$$X = \frac{5,611 \cdot V \cdot K}{m},$$

где 5,611 – масса KOH в 1 см^3 раствора молярной концентрации c(KOH) = = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н) в мг; при использовании NaOH эту величину получают ум-

ножением расчетной массы NaOH в 1 см^3 раствора молярной концентрации с (NaOH) = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н), равной 4,0, на 1,4 – отношение молекулярных масс KOH и NaOH; K – отношение действительной концентрации раствора гидроокиси калия или натрия к номинальной; V – объем раствора гидроокиси калия или гидроокиси натрия молярной концентрации с(KOH или NaOH) = 0,1 моль/дм^3, израсходованного на титрование, см^3; m – масса навески, г.

За окончательный результат определения принять среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений (при расхождениях, не превышающих установленные в стандарте значения) с округлением результатов до первого десятичного знака.

Лабораторная работа № 4. Определение температуры вспышки соевого масла в закрытом тигле по ГОСТ 9287-59

Температуры дымообразования, вспышки и воспламенения зависят от жирнокислотного состава масел. Это объясняется тем, что жирные кислоты гораздо более летучи, чем триглицериды. Температура вспышки масла – это температура, при которой летучие продукты разложения образуются в количестве, обеспечивающем вспышку, но недостаточном для поддержания пламени. У масел, содержащих много низкомолекулярных жирных кислот (например, кокосовое), температуры вспышки, воспламенения более низкие. Температура вспышки позволяет установить наличие в масле примесей органических растворителей, применяемых для извлечения масла экстракцией.

Температура вспышки соевого масла – это температура, при которой содержащиеся в маслах летучие продукты и продукты разложения компонентов масла, при его нагревании в определенных условиях, образуют с окружающим воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении пламени. Это наименьшая температура, при которой выделяющиеся из растительного масла летучие вещества вспыхивают и гаснут при соприкосновении с пламенем, поднесенным к поверхности масла.

Аппаратура и параметры измерения: прибор типа ПВНЭ с электрическим нагревом или типа ПВНО с огневым (газовым или бензиновым) нагревом, обеспечивающий определение температуры вспышки в интервале 150–250 °С; скорость перемешивания образца – 60 об/мин и скорость нагрева 2 °С/мин; секундомер; экранирующие щиты из кровельной стали 450×600 мм; спички.

Подготовка к испытанию

1. Отобрать пробы масла по ГОСТ Р 52062-2003 и хорошо перемешать пробу испытуемого материала.

2. Испытуемое масло налить в тигель до кругового уступа, закрыть тигель чистой сухой крышкой, вставить термометр и поместить тигель в нагревательную ванну.

3. Зажечь фитиль лампочки, предварительно заправленной рафинированным подсолнечным или хлопковым маслом, или газовую горел-

ку и отрегулировать пламя так, чтобы форма его была близкой к шару диаметром 3–4 мм.

4. При повышенном содержании в соевом масле фосфатидов и влаги, во избежание вспенивания масла при нагревании, перед испытанием произвести его центрифугирование в течение 5–10 мин со скоростью 1000–1500 об/мин.

5. Окружить прибор щитом из листовой кровельной стали и поместить в затемненном месте для лучшей защиты от движения воздуха и влияния света.

Проведение испытания

1. Нагреть аппарат газовой, бензиновой или спиртовой горелкой, или с помощью электричества, при нагревании производить непрерывное перемешивание масла пружинной мешалкой с частотой вращения 1 $с^{-1}$ (60 об/мин), при этом сначала нагревать масло в течение 15–20 мин на полном пламени до достижения температуры 170 °С, а затем нагревание замедлить.

2. При достижении температуры масла на 30 °С ниже предполагаемой температуры вспышки нагревание проводить так, чтобы температура испытуемого масла повышалась со скоростью 2 °С в минуту.

3. При температуре на 10 °С ниже ожидаемой температуры вспышки начать испытание на вспыхивание, открывая прибор поворотом пружинного рычага точно через минуту, т. е. через каждые 2 °С, перед поджиганием перемешивание прекратить и открыть отверстие крышки на 2–3 с.

4. Продолжить испытание после получения первой вспышки (появления синего пламени), повторив зажигание через минуту.

5. Повторить все испытания заново, если повторной вспышки не произойдет.

6. Испытание считать законченным и за температуру вспышки принять показание термометра в момент первого появления синего пламени над поверхностью испытуемого масла при двух параллельных испытаниях, если при новом испытании температура вспышки совпадет с предыдущим результатом, а повторной вспышки через 2 °С также не произойдет.

7. Слить масло из тигля, промыть тигель и крышку водой с моющим средством и тщательно высушить.

Обработка результатов

Допускаемые расхождения между двумя параллельными определениями со свежими порциями масла не должны превышать 3 °С. При большем расхождении между двумя параллельными испытаниями сделать третье испытание со свежей порцией масла и за окончательный результат принять среднее арифметическое из двух определений, отличающихся друг от друга не более чем на 3 °С.

Лабораторная работа № 5. Определение цветного числа соевого масла по шкале стандартных растворов йода в соответствии с ГОСТ 5477-93

Цветность соевого масла – показатель, характеризующий интенсивность окраски растительного масла, выраженный в условных единицах. Цветное число растительного масла – цветность, определяемая сравнением цвета масла с цветом эталонных йодных растворов и выражаемая количеством мг йода. Цветность нерафинированных и рафинированных растительных масел является количественной и качественной характеристикой состава пигментного комплекса масел и выражается для всех растительных масел, кроме хлопкового, цветным числом в условных единицах от 0 до 100 по йодной шкале.

Метод определения цветного числа по шкале стандартных растворов йода основан на сравнении интенсивности окраски испытуемого масла с окраской стандартных растворов йода. Цветное число выражается количеством миллиграммов свободного йода, содержащегося в 100 см^3 стандартного раствора йода, который имеет при одинаковой с маслом толщине слоя 1 см такую же интенсивность окраски, как испытуемое масло.

Аппаратура и реактивы: пробирки из бесцветного стекла с внутренним диаметром 10 мм для составления цветной шкалы приготовленных растворов йода и для испытуемого масла; колбы 2-100-2, колбы 2-250-2; пипетка I-1(2)-1-10; стаканчики СВ-19/9, СВ-24/10; пипетка I-3-2-10-0,05; весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; йод, ч.д.а.; калий йодистый, ч.д.а.; крахмал растворимый, ч.д.а., водный раствор с массовой долей 1%; натрий серноватистокислый (натрия тиосульфат) 5-водный, ч.д.а., раствор концентрации $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,01 моль/дм^3 (0,01 н); вода дистиллированная; кислота соляная, х.ч., раствор с массовой долей 10%; бумага фильтровальная лабораторная.

Подготовка к испытанию

1. Отобрать пробы растительного масла по ГОСТ Р 52062-2003.

2. Пробу испытуемого масла хорошо перемешать и отфильтровать.

3. Для приготовления стандартного раствора йода отвесить 0,26–0,27 г дважды возогнанного йода и удвоенное количество йодистого калия в бюксу с притертой крышкой.

4. Растворить реактивы примерно в 10 см^3 дистиллированной воды.

5. Перенести раствор в мерную колбу вместимостью 250 см^3, довести водой до метки и взболтать.

6. Установить концентрацию приготовленного раствора титрованием раствором серноватистокислого натрия концентрации $c(Na_2S_2O_3)$ = = 0,01 моль/дм^3 (0,01 н) в присутствии крахмала в качестве индикатора.

7. После установления титра к приготовленному раствору прибавить дистиллированную воду в таком количестве, чтобы в 100 см^3 этого раствора содержалось точно 100 мг йода.

8. Прокипятить в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, тщательно промыть и высушить пробирки.

9. Для приготовления серии разбавленных стандартных растворов цветной шкалы (эталонов) в подготовленные пробирки налить пипеткой концентрированный стандартный раствор йода и добавить из бюретки воду в следующем количестве, в см^3:

Номер пробирки	Стандартный раствор йода	Дистиллированная вода	Цветное число	Номер пробирки	Стандартный раствор йода	Дистиллированная вода	Цветное число
1	10,0	–	100	8	3,0	7,0	30
2	9,0	1,0	90	9	2,5	7,5	25
3	8,0	2,0	80	10	2,0	8,0	20
4	7,0	3,0	70	11	1,5	8,5	15
5	6,0	4,0	60	12	1,0	9,0	10
6	5,0	5,0	50	13	0,5	9,5	5
7	4,0	6,0	40	14	0,1	9,9	1

10. Осторожно запаять пробирки в узкой части, восковым карандашом отметить количество миллиграммов йода в 100 см^3 раствора.

11. Приготовленные стандартные растворы хранить в темном месте не более 6 мес. с момента приготовления, а по истечении срока хранения провести сравнение шкалы со свежеприготовленными растворами, при сохранении цвета последующий контроль проводить каждые 3 мес.

Проведение испытания

1. Налить в пробирку профильтрованное испытуемое масло и сравнить интенсивность окраски масла в проходящем и отраженном дневном свете или при матовой электрической лампочке с окраской стандартных растворов йода.

2. Принять цветное число испытуемого масла равным цветному числу эталона, имеющего одинаковую окраску с маслом.

Лабораторная работа № 6. Определение влаги и летучих веществ, содержащихся в соевом масле, по ГОСТ 11812-66 или ИСО 662-80

Определение содержания влаги и летучих веществ по ГОСТ11812-66

Влага соевого масла – показатель, характеризующий количественное содержание в нем воды. Показатель содержания влаги и летучих веществ

соевого масла отражает суммарное содержание в растительном масле воды и других веществ, способных испаряться при 100–105 °С.

ГОСТ 11812-66 распространяется на растительные масла и устанавливает методы определения массовой доли влаги и летучих веществ или собственно влаги.

Аппаратура: стаканчики для взвешивания СН-34/12 или СН-45/13, или СН-60/14, или бюксы алюминиевые диаметром 50 мм и высотой 50 мм; эксикатор 2–190 или 2–250; шкаф сушильный лабораторный с терморегулятором; весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г.

Подготовка к испытанию

1.Отбрать пробы масла по ГОСТ Р 52062-2003.

2. Пробу испытуемого масла хорошо перемешать.

3. Стаканчик для взвешивания предварительно высушить в течение 30 мин при температуре 100–105 °С, охладить в эксикаторе и взвесить.

Проведение испытания

1. В предварительно высушенном стаканчике взвесить около 5 г испытуемого масла на весах 2 класса точности с записью результата до четвертого знака после запятой и высушить его при температуре 100–105 °С до постоянной массы (для высыхающих масел – при температуре не выше 100 °С).

2. Первое взвешивание произвести после высушивания масла в течение 20 мин, последующие взвешивания – после 15 мин высушивания. Постоянная масса считается достигнутой, если уменьшение массы при двух последовательных взвешиваниях не превышает 0,0005 г.

Обработка результатов

1. Массовую долю влаги и летучих веществ в испытуемом масле (X) в процентах вычислить по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100,$$

где m – масса испытуемого масла, г; m_1 – масса стаканчика с маслом до высушивания, г; m_2 – масса стаканчика с маслом после высушивания, г.

2. Конечный результат испытания выражается как среднее арифметическое из двух параллельных определений.

3. Допускаемые расхождения между параллельными определениями не должны превышать 0,04%.

Определение влаги и летучих веществ по стандарту ИСО 662-80 (метод А)

В стандарте ИСО 662-80 устанавливаются два метода определения: метод А с использованием песчаной бани или электроплитки; метод В с использованием термостата. Метод А применим для всех жиров и масел. Метод В применим только для невысыхающих жиров и масел с

кислотным числом менее 4. Ни при каких обстоятельствах не следует проводить с помощью этого метода анализ лауриновых масел. Влага и летучие вещества – потеря массы продукта в результате нагревания его при (103±2) °С в условиях, устанавливаемых настоящим стандартом, и выраженная как массовая доля в процентах. При анализе производится нагревание анализируемой пробы при (103±2) °С до полного удаления влаги и летучих веществ и определение потерь ее массы.

Аппаратура: весы аналитические; чашка фарфоровая или стеклянная диаметром 80–90 мм и около 30 мм глубиной; термометр, отградуированный в интервале 80–110 °С, длиной около 100 мм, с защищенным ртутным шариком и с расширенной камерой на его верхнем конце; баня песчаная или плитка электрическая; эксикатор, содержащий активный осушитель.

Подготовка к анализу

1. Подготовить испытуемый образец в соответствии с ГОСТ Р 52062-2003.

2. Для анализа отвесить с точностью до 0,001 г примерно 20 г пробы в фарфоровую или стеклянную чашку, предварительно высушенную вместе с термометром.

Проведение испытания

1. Нагреть чашку с пробой на песчаной бане или электрической плитке, допуская скорость повышения температуры около 10 °С/мин, до достижения 90 °С и при постоянном помешивании термометром.

2. Уменьшить скорость нагрева, следя за ней по скорости возникновения пузырьков у дна чашки, и дать температуре подняться до (103±2) °С. Выше 105 °С нагревать не следует. Продолжать перемешивание, касаясь дна чашки, вплоть до полного прекращения образования пузырьков.

3. Для гарантии удаления всей влаги повторить нагревание до температуры (103±2) °С несколько раз, охлаждая пробу после каждого нагревания до 95 °С. Затем дать чашке и термометру охладиться до комнатной температуры в эксикаторе и взвесить с точностью до 0,001 г. Повторять эту операцию до тех пор, пока расхождение между результатами двух последовательных взвешиваний не перестанет превышать 2 мг.

4. Провести два определения на одном образце.

Обработка результатов

1. Массовую долю влаги и летучих веществ в процентах рассчитать по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100,$$

где m_0 – масса чашки и термометра, г; m_1 – масса чашки, термометра и пробы для анализа до нагревания, г; m_2 – масса чашки, термометра и остатка после нагревания, г.

2. За результат испытания принять среднее арифметическое результатов двух определений, если были выполнены условия сходимости. Результат записывать с точностью до второго десятичного знака.

3. Расхождение между результатами двух определений, выполненных одним и тем же аналитиком одновременно или непосредственно одно за другим, не должно превышать 0,05 г влаги и летучих веществ на 100 г образца.

4. В протоколе испытания необходимо указать использованный метод и полученные результаты. В протоколе должны быть отражены все детали испытания, не определенные настоящим стандартом, или рассматриваемые как оптимальные, а также все обстоятельства, которые могут оказать влияние на результат. Протокол должен включать все характеристики, необходимые для полной идентификации образца.

Лабораторная работа № 7. Определение йодного числа соевого масла с использованием раствора бромистого натрия и брома в метиловом спирте (метод Кауфмана) по ГОСТ 5475-69

Многие растительные масла при соприкосновении с воздухом присоединяют кислород, превращаясь при этом в твердую эластичную массу. Способность растительных масел к высыханию является одним из важнейших показателей качества, который при определении в лабораторных условиях может быть охарактеризован йодным числом. Присоединение йода происходит по месту двойных связей, имеющихся в ненасыщенных жирных кислотах, и в связи с этим йодное число дает представление о содержании в жире указанных ненасыщенных жирных кислот и характеризует насыщенность жира. При этом необходимо учитывать, что чем выше йодное число, тем легче данный жир окисляется и тем более он жидок, более пригоден для приготовления олифы, красок, лаков и менее пригоден для употребления в пищу. По йодному числу можно судить о быстроте высыхания масла. Растительные масла по способности к высыханию обычно делят на следующие группы: невысыхающие, полувысыхающие и высыхающие. Невысыхающие масла имеют йодное число ниже 85 (пищевое арахисовое, техническое касторовое масло). Полувысыхающие соевое, подсолнечное, рапсовое, горчичное, сафлоровое масла с йодным числом в интервале 85–130 пригодны в основном на пищевые цели. Масло сои имеет йодное число, как правило, в пределах 114–143 (при среднем значении – 128). Льняное, перилловое, рыжиковое масло и масло ляллеманции, имеющие йодное число выше 130, относятся к группе высыхающих масел и могут использоваться в лакокрасочной промышленности.

В соответствии с ГОСТ 5475-69 йодное число – условная величина, характеризующая содержание в 100 г растительного масла непредельных соединений, выраженная в граммах йода, эквивалентного состоящему из галогенов реагенту, присоединившемуся к маслу. Обозначение единицы йодного числа – г I_2 /100 г.

Аппаратура и реактивы: колбы Кн-1-500-29/32, Кн-2-500-34(40,50) с пришлифованными пробками и колбы Кн-1-750-29/32 (34/35, 45/40), Кн-2-750-34 (40,50) с пришлифованными пробками; стаканы Н-2–250; стаканчики СВ-14/8; бюретки вместимостью 25 и 50 $см^3$; пипетки вместимостью 10, 15, 20 $см^3$; колбы мерные вместимостью 100 $см^3$; цилиндры измерительные; капельницы 1–5; воронки В-100-150 ХС; ступки фарфоровые; весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г или другие весы такого же класса точности; весы лабораторные 3 или 4 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 или 500 г, или другие весы такого же класса точности; метанол (спирт метиловый), перегнанный над окисью кальция; кальция окись, ч.д.а.; натрий бромистый; бром, х.ч.; калий йодистый, х.ч., кристаллический и бесцветный раствор с массовой долей 10%; натрий серноватистокислый (тиосульфат натрия), ч.д.а., раствор концентрацией $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,1 моль/$дм^3$ (0,1 н); натрий углекислый безводный; йод, ч.д.а., дважды возогнанный; хлороформ, свежеперегнанный; крахмал растворимый, раствор с массовой долей 1%; кислота салициловая; вода дистиллированная.

Подготовка к испытанию

1. Среднюю пробу масла тщательно перемешать и отлить достаточную для испытания часть в коническую колбу. Если масло мутное, колбу с маслом нагреть в термостате до 70 °С и отфильтровать масло при этой же температуре через бумажный фильтр.

2. Натрий бромистый высушить в термостате при 130 °С до порошкообразного состояния, периодически перемешивая. После охлаждения порошок использовать для приготовления раствора Кауфмана.

3. Приготовить бесцветный раствор йодистого калия. Если раствор йодистого калия имеет слегка желтоватую окраску (что свидетельствует о наличии свободного йода или йодата калия в растворе йодистого калия), к нему добавляют по каплям раствор тиосульфата концентрацией $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,01 моль/$дм^3$ (0,01 н) до полного обесцвечивания раствора.

4. Для очистки йода к 10 г йода добавить 1 г йодистого калия и 2 г прокаленной окиси кальция. Смесь быстро растереть в чистой ступке и перенести в чистый, хорошо высушенный стакан. Сверху стакан закрыть чистой круглодонной колбой, совершенно сухой снаружи, но наполненной холодной водой для лучшего охлаждения. Стакан слабо нагреть, йод при этом возгоняется и оседает на дне колбы в виде кристаллов. После охлаждения стакана снять колбу и счистить чистой стеклянной палочкой кристаллы йода в бюксу. Полученный йод подвергнуть вторичной возгонке, но без добавления йодистого калия.

5. Приготовить раствор бромистого натрия и брома в метиловом спирте (раствор Кауфмана). 140 г бромистого натрия растворить в 1 $дм^3$ метилового спирта. Раствор хорошо встряхнуть и оставить стоять на

24 ч, периодически перемешивая. По истечении указанного срока раствор отфильтровать через бумажный фильтр, в прозрачный раствор добавить 5,1 см^3 брома и перемешать встряхиванием. Через 10–15 мин раствор готов к употреблению. Раствор Кауфмана приготавливать в вытяжном шкафу.

6. Приготовить раствор тиосульфата концентрацией $c(Na_2S_2O_3)$ = = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н). 25 г тиосульфата натрия растворить в 1 дм^3 свежепрокипяченной и охлажденной дистиллированной воды. К полученному раствору добавить 0,2 г углекислого натрия и оставить его в темном месте на 14 суток. По истечении указанного времени устанавливают массовую концентрацию раствора тиосульфата натрия в г/см^3. Для этого в бюксу с хорошо пришлифованной крышкой поместить около 2 г йодистого калия и растворить его в 3–4 см^3 дистиллированной воды. Растворение йодистого калия сопровождается сильным понижением температуры и бюкса снаружи покрывается влагой. Обтереть бюксу фильтровальной бумагой и выдержать ее в весовом шкафу 15–20 мин, после чего взвесить на весах 2 класса точности с записью результата до четвертого десятичного знака. 0,4 г йода взвесить на весах 3 или 4 класса точности с записью результата до второго десятичного знака и перенести в бюксу с раствором йодистого калия. Бюксу быстро закрыть крышкой и снова точно взвесить. Прибавка в массе дает количество йода, взятое для установления массовой концентрации раствора тиосульфата натрия в г/см^3. После полного растворения йода бюксу опустить в коническую колбу с пришлифованной пробкой, куда предварительно налить 200–250 см^3 дистиллированной воды. Перед опусканием крышку бюксы снять и опустить ее также в колбу с водой. Закрыв колбу пробкой, раствор тщательно перемешать, после чего быстро оттитровать приготовленным раствором тиосульфата до тех пор, пока раствор не окрасится в соломенно-желтый цвет. Далее в колбу добавить 2–3 см^3 раствора крахмала и продолжить титрование до полного обесцвечивания раствора. Массовую концентрацию раствора тиосульфата натрия (T) в г I_2/см^3 вычислить по формуле:

$$T = \frac{m}{V},$$

где m – масса навески йода, г; V – объем испытуемого раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование раствора йода, см^3.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое из трех параллельных определений. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,00005. Коэффициент пересчета массовой концентрации приготовленного раствора на точно 0,1 н концентрацию (K) вычислить по формуле:

$$K = \frac{T_{ср}}{0{,}01269},$$

где $T_{ср}$ – среднее арифметическое из трех параллельных определений массовой концентрации раствора тиосульфата натрия; 0,01269 – номинальное значение массовой концентрации раствора тиосульфата натрия $c(Na_2S_2O_3)$ = = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н).

7. Приготовить раствор крахмала. 1 г растворимого крахмала, взвешенного на технических весах, растереть в ступке в кашицу с 3–5 см^3 дистиллированной воды. Приготовленную смесь влить в 100 мл кипящей воды и кипятить в течение 2 мин. После охлаждения раствор должен быть прозрачным. Для увеличения стойкости при хранении к готовому раствору крахмала добавить 0,12–0,13 г салициловой кислоты.

Проведение испытания

1. В коническую колбу с пришлифованной пробкой внести пробу масла. Масса пробы при предполагаемом значении йодного числа (I_2/100 г) от 5 до 20 включительно должна составить 1,0 г, свыше 20 до 50 включительно – 0,6 г, свыше 50 до 100 включительно – 0,3 г, свыше 100 до 150 включительно – 0,2 г, свыше 150 до 200 включительно – 0,15 г, свыше 200 – 0,10 г. Пробы взвесить на весах 2 класса точности с записью результата до четвертого десятичного знака.

2. Навеску растворить в 10 см^3 хлороформа, затем из бюретки прилить 20 см^3 раствора Кауфмана. Колбу с реакционной смесью закрыть пробкой, осторожно перемешать содержимое вращением и поставить в темное место при температуре около 20 °С для настаивания. Время настаивания установить в зависимости от предполагаемой величины йодного числа: для масел с йодным числом менее 100 – 1 ч, для масел с йодным числом более 100 – 1,5 ч.

3. По истечении указанного времени в колбу прилить пипеткой 10–15 см^3 раствора йодистого калия и 50–60 см^3 дистиллированной воды. Выделившийся йод оттитровать раствором концентрацией $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н) до получения соломенно-желтой окраски. После этого прибавить 1–2 см^3 раствора крахмала и продолжить титрование до полного исчезновения синей окраски.

4. Одновременно в тех же условиях провести контрольный опыт (без навески масла).

Обработка результатов

1. Йодное число (X) в процентах йода вычислить по формуле:

$$X = \frac{0{,}01269 \cdot K \cdot (V_1 - V_2)}{m} \cdot 100,$$

где V_1 – объем раствора концентрацией $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,1 моль/дм^3, пошедший на титрование в контрольном опыте, см^3; V_2 – объем раствора концентрацией $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,1 моль/дм^3, пошедший на титрование в основном опыте, см^3;

К – поправка (коэффициент пересчета) к массовой концентрации раствора $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,1 моль/дм^3; 0,01269 – номинальное значение массовой концентрации раствора тиосульфата натрия $c(Na_2S_2O_3)$ = 0,1 моль/дм^3; m – масса масла, г.

2. За окончательный результат принять среднее арифметическое из двух параллельных определений. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 1% от величины йодного числа.

Лабораторная работа № 8. Определение перекисного числа соевого масла по ГОСТ 26593-85

Перекисное число определяют в маслах, предназначенных для непосредственного употребления в пищу. Указанный показатель выражается условной величиной, отражающей количество йода в %, эквивалентного йодистоводородной кислоте, прореагировавшей в стандартных условиях с перекисными и гидроперекисными группами растительного масла. Перекисное число характеризует степень окисления масла.

Указанный ГОСТ 26593-85 распространяется на все виды растительных масел различной степени очистки и устанавливает порядок определения их перекисного числа (содержание активного кислорода) в диапазоне значений 0,1–40 ммоль/кг. Метод основан на реакции взаимодействия продуктов окисления растительных масел и жиров (перекисей и гидроперекисей) с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа и последующем количественном определении выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом.

Аппаратура, реактивы и материалы: весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; колбы Кн-1-250-29/32 ТХС; колба 1 (2)-1000-2; стаканчики стеклянные цилиндрические для испытуемой пробы необходимой вместимостью (по массе пробы); бюретки 1-1(2, 3)-1(2)-5-0,02; 1-1(2, 3)-1(2)-10-0,05; пипетки 1(2)-2-1; цилиндры 1(3)-25, 1(3)-100; секундомер; часы песочные на 1 и 5 мин; хлороформ свежеперегнанный; кислота уксусная, х.ч., ледяная; калий йодистый, х.ч., раствор с массовой долей 50–55%, свежеприготовленный или проверенный; натрий серноватистокислый (тиосульфат натрия) 5-водный, водный раствор молярных концентраций $c(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,01 моль/дм^3 (0,01 н) и c $(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,002 моль/дм^3 (0,002 н); стандарт-титры тиосульфата натрия по нормативному документу с массой вещества в ампуле, равной 0,1 г-экв. – 0,1 г-моль; крахмал растворимый, раствор с массовой долей 0,5%; вода дистиллированная. Допускается использование другой аппаратуры или реактивов, по качеству и метрологическим характеристикам не уступающих перечисленным выше.

Подготовка к измерению

1. Раствор йодистого калия хранить в темном сосуде. Перед использованием его необходимо проверить. Для этого добавить 2 капли

раствора крахмала к 0,5 см^3 раствора йодистого калия в 30 см^3 раствора уксусной кислоты и хлороформа (3:2). Если образуется голубая окраска, для обесцвечивания которой требуется более 1 капли 0,01 моль/дм^3 раствора тиосульфата натрия, то раствор йодистого калия не использовать и приготовить свежий раствор.

2. Раствор крахмала приготовить следующим образом: 5 г растворимого крахмала смешать с 30 см^3 воды, добавить эту смесь к 1000 см^3 кипящей воды и кипятить в течение 3 мин.

3. Раствор серноватистокислого натрия (тиосульфата натрия) молярной концентрации $c(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,1 моль/дм^3 (0,1 н) готовят двумя способами: из серноватистокислого натрия-реактива по ГОСТ 25794.2 или из стандарт-титров (фиксаналов) серноватистокислого натрия. Для приготовления раствора тиосульфата натрия из стандарт-титров (фиксаналов) серноватистокислого натрия теплой водой смыть надпись на ампуле и хорошо ее обтереть. Далее в мерную колбу вместимостью 1 дм^3 вставить специальную воронку с вложенным в нее стеклянным бойком (обычно прилагается к каждой коробке стандарт-титров), острый конец которого должен быть обращен вверх. Если специальной воронки нет, можно пользоваться обычной химической воронкой, вставив в нее стеклянный боек. Когда боек будет правильно уложен в воронке, ампуле с веществом дать свободно падать так, чтобы тонкое дно ампулы разбилось при ударе об острый конец бойка. После этого пробить верхнее углубление ампулы и все ее содержимое осторожным встряхиванием высыпать в колбу. Ампулу, не изменяя ее положения, промыть дистиллированной водой из промывалки. Промыв ампулу, удалить ее, а раствор долить дистиллированной водой до метки, закрыть колбу пробкой и тщательно встряхнуть до полного растворения вещества. Раствор годен к применению через 10–14 сут. Раствор хранить в склянке из темного стекла.

4. Определить поправку к номинальной концентрации раствора тиосульфата натрия молярной концентрации $c(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,1 моль/дм^3 по ГОСТ 25794.2. Срок хранения раствора тиосульфата натрия молярной концентрации $c(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,1 моль/дм^3 без дополнительного контроля концентрации – 1 мес. По истечении срока хранения необходимо определять поправку к номинальной концентрации раствора тиосульфата натрия. Если величина поправки составляет не менее 0,9, то раствор может быть использован. Если при хранении появляются хлопья или осадок, раствор не должен применяться.

5. Для получения раствора тиосульфата натрия необходимых молярных концентраций c $(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,002 моль/дм^3 и c $(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = = 0,01 моль/дм^3 приготовленные растворы разбавить соответственно в 50 и 10 раз. Разбавление проводить непосредственно перед использованием.

6. Отбор проб произвести по ГОСТ Р 52062-2003. Если масло прозрачное, пробу масла, предназначенную для анализа, хорошо переме-

шать. При наличии в масле мути или осадка пробу отфильтровать при температуре (20±5) °С. Пробу масла хранить в холодильнике в емкости из темного стекла с притертой пробкой не более 5 дней.

Проведение измерений

1. Определить массу пробы для измерений в зависимости от предполагаемого перекисного числа. При предполагаемом значении перекисного числа от 0 до 6,0 ммоль/кг масса испытуемой пробы должна составлять 5,000–2,000 г, при предполагаемом значении перекисного числа свыше 6,0 до 10,0 – 2,000–1,200, свыше 10,0 до 15,0 – 1,200–0,600, свыше 15,0 до 25,0 – 0,600–0,500, свыше 25,0 до 40,0 ммоль/кг – 0,500–0,300 г.

2. Пробу отвесить в колбу. Если колбу нельзя взвесить непосредственно, то испытуемую пробу отвесить в стаканчике. В случае, если взвешивание проводилось в стаканчике, то его вместе с испытуемой пробой поместить в колбу. Добавить 10 см^3 хлороформа, быстро растворить испытуемую пробу, прилить 15 см^3 уксусной кислоты и 1 см^3 раствора йодистого калия, после чего колбу сразу же закрыть, перемешать содержимое в течение 1 мин и оставить на 5 мин в темном месте при температуре 15–25 °С. Затем добавить 75 см^3 воды, тщательно перемешать и добавить раствор крахмала до появления слабой однородной фиолетово-синей окраски, выделившийся йод оттитровать раствором тиосульфата натрия до молочно-белой окраски, устойчивой в течение 5 с, используя раствор молярной концентрации $c(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,002 моль/дм^3, если предполагаемое значение перекисного числа не более 6,0 ммоль/кг. Если предполагаемое значение перекисного числа более 6,0 ммоль/кг, после добавления воды и перемешивания выделившийся йод оттитровать раствором молярной концентрации $c(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ = 0,01 моль/дм^3 до заметного снижения интенсивности окраски раствора. Осторожно добавить крахмал до появления слабой однородной фиолетово-синей окраски. Оставшийся йод оттитровать раствором тиосульфата натрия до молочно-белой окраски в конце титрования. Допускается наличие различных оттенков окраски в соответствии со специфическими особенностями окраски испытуемых масел. Для каждой испытуемой пробы выполнить два измерения.

3. Контрольное измерение провести параллельно с основными измерениями. Если на контрольное измерение пойдет более 0,1 см^3 0,01 моль/дм^3 раствора тиосульфата натрия, то необходимо проверить соответствие реактивов требованиям стандартов.

Обработка результатов

1. Перекисное число X в ммоль/кг 1/2 О вычислить по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \cdot c}{m} \cdot 1000,$$

где V_0 – объем раствора тиосульфата натрия, использованный при контрольном измерении, см^3; V_1 – объем раствора тиосульфата натрия, использованный

при измерении в пробе, см^3; с – действительная концентрация использованного раствора тиосульфата натрия, вычисленная с учетом поправки к номинальной концентрации, моль/дм^3; m – масса испытуемой пробы, г; 1000 – коэффициент, учитывающий пересчет результата измерения в миллимоли на килограмм.

2. За результат измерения принять среднее арифметическое значение результатов двух параллельных измерений, расхождение между которыми при доверительной вероятности P = 0,95 не должно превышать при значении измеряемой величины менее 3,0 ммоль/кг 10%, а при значении измеряемой величины 3,0 и более – 5%. Вычисление проводить с точностью до второго десятичного знака с последующим округлением до первого десятичного знака.

3. Для того, чтобы выразить перекисное число в процентах йода (граммах йода на 100 г жира), разделить результат, выраженный в ммоль/кг 1/2 О, на 78.

Лабораторная работа № 9. Определение нежировых примесей и отстоя соевого масла по ГОСТ 5481-89

Нежировые примеси соевого масла – показатель, характеризующий содержание в масле веществ, не растворимых в петролейном эфире. Показатель отстоя масла по объему отражает отношение объема, занимаемого выделенным в стандартных условиях осадком, к общему объему растительного масла.

Рассматриваемые методы распространяются на растительные масла и устанавливают порядок определения массовой доли нежировых примесей, не растворимых в петролейном эфире или бензине (нефрасе), и объемной доли отстоя, формирующегося при отстаивании масла.

Метод определения нежировых примесей

Метод основан на отделении от масла не растворимых в петролейном эфире или низкокипящем бензине (нефрасе) нежировых примесей и последующем определении массовой доли этих примесей взвешиванием.

Аппаратура, материалы и реактивы: весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; весы лабораторные 3 или 4 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 1000 г; шкаф сушильный с терморегулятором, обеспечивающим погрешность поддержания температуры не более 3 °С, с максимальной температурой нагрева 200 °С; термометр; баня водяная; лабораторный вакуум-насос или водоструйный насос; металлические воронки для фильтрования под вакуумом; аппарат Сокслета, состоящий из насадки НЭТ 150 ТС, холодильника XIII-2 – 250-19/25 ХС, колбы II-1-250 29/32 ТС; стаканы В-1-250, В-1-400, Н-1-250, Н-1-400 ТХС; стаканчики для взвешивания СВ-24/10, СВ-34/12, СН-45/13, СН-60/14, СН-85/15 или металлические бюксы тех же размеров по нормативно-технической документации; воронки В-75 ХС;

колбы 1–250, 1–500, 1–1000; эксикатор 2–140, 2–190, 2–250 с прокаленным хлористым кальцием; палочки стеклянные оплавленные, длина которых соответствует высоте стаканов; пинцет; бумага фильтровальная, обезжиренная; эфир петролейный или бензин (нефрас) по действующей нормативно-технической документации; кальций хлористый прокаленный. Допускается применение импортного лабораторного оборудования и приборов с метрологическими характеристиками не ниже установленных стандартом.

Подготовка к анализу

1. Отобрать пробы по ГОСТ Р 52062-2003.

2. Пробу масла хорошо перемешать. В холодное время года пробу масла, подвергшегося охлаждению, предварительно нагреть на водяной бане при температуре 50 °С в течение 30 мин, затем медленно охладить до 20 °С и перемешать.

3. Из фильтровальной бумаги вырезать фильтры по размеру воронки. Фильтры обезжирить в аппарате Сокслета в течение 3 ч с применением того же растворителя, что и для анализа. По истечении указанного времени фильтры разложить под вытяжным устройством, выветрить до полного удаления запаха растворителя и поместить в стаканчики для взвешивания. Открытые стаканчики с фильтром высушить в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре (103±3) °С, после чего стаканчики закрыть крышками, охладить в эксикаторе в течение 40 мин и взвесить, записывая результат до четвертого десятичного знака. Последующие взвешивания проводить через каждые 30 мин сушки. Массу считать постоянной, если разница между последующими взвешиваниями не будет превышать 0,002 г.

4. Подготовленные фильтры диаметром на 1–1,5 мм меньше диаметра сетки воронки с плоской фильтрующей поверхностью прижать к сетке воронки при помощи шайбы и зажимной гайки. Воронку вставить в колбу для фильтрования под вакуумом.

5. Конусообразную воронку для фильтрования под вакуумом вставить в колбу для фильтрования. Подготовленные фильтры сложить обычным способом и смочить растворителем. Фильтры поместить в воронку и, включив вакуум-насос, по возможности плотнее прижать их к внутренней стенке воронки.

Проведение анализа

1. В стакан отвесить около 100 г испытуемого рафинированного масла или 50 г испытуемого нерафинированного масла, записывая результат до второго десятичного знака.

2. Пробу растворить в равном количестве растворителя и отфильтровать через фильтр. Если раствор масла плохо фильтруется, то следует добавить в него растворитель. Для ускорения фильтрования рекомендует-

ся применять фильтрование под разрежением, создаваемым лабораторным вакуум-насосом или водоструйным насосом.

3. Со стакана смыть растворителем остатки пробы на тот же фильтр. Фильтр с нерастворимым остатком пробы промыть еще раз 50 см^3 растворителя, поместить в заранее приготовленный пакетик (по форме сходный с пакетиком для лечебного порошка) и обработать растворителем в аппарате Сокслета до полного удаления масла.

4. Конец экстракции установить по отсутствию жира при пробе на полноту экстракции. Для этого, отсоединив от колбы экстрактор, нанести одну каплю раствора на часовое стекло. После испарения эфира на стекле не должно оставаться жирного пятна.

5. По окончании экстракции пакетик развернуть, фильтр выветрить под вытяжным устройством до полного удаления запаха растворителя и поместить в стаканчик для взвешивания.

6. Открытый стаканчик с промытым фильтром поместить в сушильный шкаф и сушить в течение 1 ч при температуре (103±3) °С, после чего стаканчик закрыть крышкой, охладить в эксикаторе 40 мин и взвесить, записывая результат до четвертого десятичного знака. Последующие взвешивания проводить через каждые 30 мин сушки. Массу считать постоянной, если разница между последующими взвешиваниями не будет превышать 0,002 г. При увеличении массы берут данные предыдущего взвешивания.

Обработка результатов

1. Массовую долю нежировых примесей *(X)* в процентах вычислить по формуле:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100,$$

где m – масса анализируемой пробы масла, г; m_1 – масса стаканчика с чистым фильтром, г; m_2 – масса стаканчика с фильтром и нежировыми примесями, г.

За окончательный результат анализа принять среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Вычисления проводить до второго десятичного знака. Допустимые абсолютные расхождения между двумя параллельными измерениями не должны превышать 0,03%. Для рафинированных масел результат измерения менее 0,03% принимают за отсутствие нежировых примесей.

2. Доверительный интервал абсолютной погрешности 0,03% в диапазоне значений массовой доли нежировых примесей более 0,04% при доверительной вероятности 0,95.

3. Контроль проводится путем проверки воспроизводимости нормы абсолютного значения расхождений между параллельными определениями, а также проверки окончания экстракции по отсутствию жира при пробе на полноту экстракции.

Определение объемной доли отстоя

Метод основан на образовании плотного осадка нежировых примесей масла, образующегося после обработки масла раствором хлористого кальция и ацетоном, отстаивании его в течение определенного промежутка времени и последующем определении объемной доли отстоя.

Аппаратура, материалы, реактивы: бюретки вместимостью 50 см^3; цилиндры 1–25; 1–50; 3–25; 3–50; штативы; секундомер по НТД или часы песочные на 1 мин; ацетон; кислота соляная; кальций хлористый по нормативно-технической документации; вода дистиллированная. Допускается применение импортного лабораторного оборудования и приборов с метрологическими характеристиками не ниже установленных стандартом.

Подготовка к анализу

1. Для приготовления раствора хлористого кальция смесь, состоящую из 90 частей дистиллированной воды и 10 частей соляной кислоты, насытить хлористым кальцием и хранить в закрытом сосуде при комнатной температуре.

2. Пробу масла хорошо перемешать.

Проведение анализа

В бюретку налить 25 см^3 испытуемого масла, 25 см^3 ацетона, 10 см^3 раствора хлористого кальция и перемешать в ней в течение 1 мин. Затем бюретку установить в штативе в вертикальном положении и оставить в покое при комнатной температуре на 24 ч. По истечении указанного времени измерить высоту слоя, находящегося между нижним прозрачным слоем раствора хлористого кальция и верхним прозрачным слоем масла в ацетоне.

Обработка результатов

1. Объемную долю отстоя *(X)* в процентах вычислить по формуле:

$$X = \frac{h}{25} \cdot 100,$$

где h – высота слоя, находящегося между нижним прозрачным слоем раствора хлористого кальция и верхним прозрачным слоем масла в ацетоне, см^3; 25 – объем испытуемой пробы масла, см^3.

За окончательный результат анализа принять среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Допустимые абсолютные расхождения между двумя параллельными измерениями не должны превышать 0,4%.

2. Доверительный интервал абсолютной погрешности среднего арифметического значения двух параллельных измерений не более 0,4% в диапазоне значений объемной доли отстоя от 0,4 до 30% (при доверительной вероятности 0,95).

3. Контроль провести путем проверки воспроизводимости нормы абсолютного значения расхождений между параллельными определениями.

Лабораторная работа № 10. Определение массовой доли фосфорсодержащих веществ в соевом масле колориметрическим методом по ГОСТ 7824-80

Содержание фосфорсодержащих веществ в соевом масле отражает наличие в масле фосфатидов, а также других веществ, содержащих фосфор.

Указанный стандарт устанавливает весовой и колориметрический метод определения массовой доли фосфорсодержащих веществ в нерафинированных, гидратированных и рафинированных маслах. Весовой метод применяется в пределах 0,05–6,0% в пересчете на стероолеолецитин и 0,004–0,53% в пересчете на P_2O_5. Колориметрический метод применяется в пределах 0,006–6,0% в пересчете на стероолеолецитин и 0,0005–0,53% в пересчете на P_2O_5. Сущность метода заключается в сухом сжигании масла с окисью магния (MgO) и последующем определении фосфорсодержащих веществ весовым или колориметрическим методом. Массовая доля фосфорсодержащих веществ растительного масла – показатель, характеризующий наличие в растительном масле фосфатидов, а также других веществ, содержащих фосфор, выраженный в пересчете на стероолеолецитин или фосфорный ангидрид.

Аппаратура, приборы, реактивы и материалы: весы лабораторные 2 класса точности с предельной нагрузкой 200 г, 3 класса точности с предельной нагрузкой 500 г или другие весы такого же класса точности; электроплитка бытовая; насос водоструйный лабораторный стеклянный или аналогичного типа, обеспечивающий остаточное давление не более 2 кПа (15 мм рт. ст.); шкаф сушильный лабораторный; печь муфельная электрическая с температурой 800–1000 °С; щипцы муфельные для чашек; эксикатор; тигель ТФ-20 ПОР 40ХС; чашки фарфоровые выпаривательные № 2 диаметром 75 мм или чаши из прозрачного кварцевого стекла диаметром 67 мм и более, или тигли низкие прозрачного кварцевого стекла диаметром 60 мм и более (допускается применять тигли фарфоровые низкие № 4); стаканы химические, вместимостью 100 и 150 $см^3$; цилиндры мерные, вместимостью 10, 25 и 50 $см^3$; палочки стеклянные; магния окись, ч.д.а., свежепрокаленная; кислота азотная, плотностью 1,37–1,40 и 1,2 $г/см^3$; кислота серная, х.ч. или ч.д.а., плотностью 1,835 $г/см^3$; аммоний сернокислый; аммоний азотнокислый, 2% раствор; аммоний молибденовокислый; ацетон, х.ч., или спирт этиловый технический, спирт этиловый синтетический, спирт этиловый ректификованный технический и эфир диэтиловый; вода дистиллированная; бумага фильтровальная; колбы мерные вместимостью 100 и 1000 $см^3$; бюретки вместимостью 25 $см^3$; пипетки вместимостью 1,0, 10,0, 20,0 и 100 $см^3$; цилиндры мерные вместимостью 20 и 100 $см^3$; чаши из прозрачного кварцевого стекла диаметром 85 мм и более или тигли из прозрачного кварцевого стекла низкие диаметром 75 мм и более (допускается применять тигли

фарфоровые высокие № 3); фотоэлектроколориметр, спектроколориметр или аналогичные приборы, обеспечивающие проведение измерения при длинах волн от 630 до 750 нм; баня водяная; калий фосфорнокислый однозамещенный, х.ч.; гидразин сернокислый, ч.д.а.; натрий молибденовокислый, х.ч.; кислота серная, $c(1/2\ H_2SO_4) = 2$ моль/дм^3.

Подготовка к испытанию

1. Для приготовления молибденового реагента (раствора молибдата натрия или аммония) 6,85 г молибденовокислого натрия или молибденовокислого аммония и 0,4 г гидразинсульфата, взвешенных с погрешностью не более 0,01 г, поместить в мерную колбу вместимостью 1000 см^3 и растворить в 100 см^3 дистиллированной воды. При постоянном охлаждении медленно добавить 100 см^3 концентрированной серной кислоты. Образующийся темно-синий раствор при постоянном перемешивании охладить до 20 °С, затем разбавить 500 см^3 дистиллированной воды и, вновь перемешивая, охладить до 20 °С. Долить раствор водой до метки. Полученный раствор хранить не более 28 сут. в темноте. Раствор молибдата натрия можно использовать сразу же после приготовления. Раствор молибдата аммония перед началом использования выдержать в темноте в течение 10 ч. Пригодность реагента проверить по градуировочному графику. Раствор считать пригодным, если массовые доли фосфора в одном-двух растворах сравнения отличаются от исходных значений не более чем на 5% от измеряемой величины. Для приготовленных новых порций раствора молибдата натрия или молибдата аммония необходимо проверить градуировочный график по нескольким растворам сравнения. При приготовлении реагента из новой партии исходных реактивов необходимо построить новый градуировочный график.

2. Для получения градуировочного графика необходимо измерить оптическую плотность растворов сравнения в интервале концентраций от 0 до 2 мкг/см^3 фосфора.

Для приготовления основного раствора, содержащего 100 мкг/см^3 фосфора, 0,4393 г однозамещенного фосфорнокислого калия, высушенного до постоянной массы при температуре 105 °С, взвесить с погрешностью не более 0,0001 г, поместить в мерную колбу вместимостью 1000 см^3, установить температуру 20 °С и заполнить колбу дистиллированной водой до метки. Полученный раствор в хорошо закрытой колбе может храниться 28 сут.

Для приготовления второго раствора, содержащего 10 мкг/см^3 фосфора, из основного раствора отобрать пипеткой 100 см^3 в мерную колбу вместимостью 1000 см^3 и при температуре 20 °С заполнить дистиллированной водой до метки. Для проведения градуировки прибора этот раствор каждый раз готовят заново.

3. Для приготовления растворов сравнения в мерные колбы вместимостью по 100 см^3 взять пипеткой 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 5,0; 7,0; 10,0; 15,0;

20,0 см^3 второго раствора, добавить 20 см^3 воды, 20 см^3 серной кислоты и 20 см^3 молибденового реагента. Смеси хорошо перемешать и кипятить в водяной бане. Смеси выдержать 30 мин в кипящей водяной бане, охладить до 20 °С, долить в колбы дистиллированную воду до метки. Измерить оптическую плотность растворов сравнения относительно водного раствора молибденового реагента той же концентрации, но не содержащего фосфора, используя фотоэлектроколориметр при фиксированной длине волны в интервале 630–750 нм. Измерения проводить последовательно в кюветах 5, 10, 20, 50 мм. Результаты измерений представить в виде таблицы. Для каждой толщины слоя построить отдельный градуировочный график. Для построения градуировочных графиков для работы с кюветами 5, 10, 20, 50 мм по оси абсцисс отложить содержание фосфора в растворах сравнения в мкг/см^3, по оси ординат – оптическую плотность. Градуировочные графики представляют собой прямые линии, проходящие через начало координат.

4. Пробу испытуемого масла, отобранную по ГОСТ Р 52062-2003, хорошо перемешать, нагреть до температуры 70–75 °С и отфильтровать при той же температуре.

Проведение испытаний

1. Выбрать навеску испытуемого масла для определения фосфорсодержащих веществ в зависимости от вида масла. При анализе нерафинированного масла масса навески должна составлять от 0,3 до 0,4 г, гидратированного – от 0,6 до 0,7 г, рафинированного – от 1,0 до 1,5 г. Масса окиси магния во всех случаях равна 0,75 г.

2. К образцу, взвешенному в чаше или тигле с погрешностью не более 0,0001 г, добавить окись магния, взвешенную с погрешностью не более 0,01 г, и нагреть содержимое чаши или тигля в течение 10 мин в сушильном шкафу при температуре (105±2) °С для того, чтобы масло адсорбировалось окисью магния, затем нагреть на электроплитке до обугливания, а остаток прокалить добела в муфельной печи при температуре 800–1000 °С (длительность озоления при массе до 1,2 г – 20 мин, выше 1,2 г –1 ч).

3. После охлаждения осадок перенести в мерную колбу вместимостью 100 см^3, прилить 10–20 см^3 дистиллированной воды, 20 см^3 раствора серной кислоты концентрации 2 моль/дм^3 и нагреть до полного растворения окиси магния.

При использовании фарфоровых тиглей осадок перенести в мерную колбу вместимостью 100 см^3, прилить 10–20 см^3 дистиллированной воды и 20 см^3 серной кислоты и нагреть до полного растворения окиси магния.

5. Одновременно с двумя параллельными определениями испытуемого масла провести контрольное определение без навески масла. Контрольную пробу приготовить следующим образом: 0,75 г окиси магния растворить в 20 см^3 раствора серной кислоты концентрации 2 моль/дм^3, раствор перенести в мерную колбу вместимостью 100 см^3.

6. К основной и контрольной пробе добавить по 20 см^3 молибденового реагента и нагреть в течение 30 мин на кипящей водяной бане. После охлаждения содержимого до комнатной температуры колбу заполнить дистиллированной водой до метки.

7. Измерить оптическую плотность анализируемых растворов относительно контрольного раствора на приборе. Толщину кюветы подобрать так, чтобы значение оптической плотности было от 0,1 до 0,8. При анализе рафинированных масел рекомендуется применять кюветы толщиной не менее 5 см. Используя градуировочный график, построенный для соответствующей кюветы, по измеренной оптической плотности определить содержание фосфора в мкг/см^3 исследуемого раствора.

Обработка результатов

1. Массовую долю окиси фосфора (X_1) в процентах в анализируемой пробе вычислить по формуле:

$$X_1 = \frac{a \cdot 2,29 \cdot 100}{m \cdot 10^6} \cdot 100 = \frac{a \cdot 0,000229}{m} \cdot 100,$$

где а – содержание фосфора в анализируемом растворе, определенное по градуировочному графику, мкг/см^3; 2,29 – коэффициент пересчета фосфора в окись фосфора; 10^6 – коэффициент пересчета мкг в г; 100 – объем пробы, см^3; 100 – коэффициент пересчета в %; m – масса навески, г.

2. Массовую долю фосфорсодержащих веществ (X_2) в процентах в пересчете на стеароолеолецитин вычислить по формуле:

$$X_2 = \frac{a \cdot 25,44 \cdot 100}{m \cdot 10^6} \cdot 100 = \frac{a \cdot 0,002544}{m} \cdot 100,$$

где а – содержание фосфора в анализируемом растворе, определенное по градуировочному графику, мкг/см^3; 25,44 – коэффициент пересчета фосфора в стеароолеолецитин; 10^6 – коэффициент пересчета мкг в г; 100 – объем пробы, см^3; 100 – коэффициент пересчета в %; m – масса навески, г.

3. За результат испытаний принять среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. При разногласиях в оценке качества продукции за окончательный результат принять среднее арифметическое не менее четырех параллельных определений. Результат определения округлить до второго десятичного знака для величин более 0,01% при пересчете на стеароолеолецитин и до третьего десятичного знака для величин более 0,001% при пересчете на P_2O_5. Для рафинированных масел результат испытания менее 0,05% в пересчете на стеароолеолецитин или менее 0,004% в пересчете на P_2O_5 принять за отсутствие фосфорсодержащих веществ. Результат испытания в зависимости от назначения продукта вычислить по одной из приведенных формул.

Лабораторная работа № 11. Определение мыла в соевом масле по ГОСТ 5480-59

Содержание мыла в растительном масле – показатель, характеризующий количественное содержание в рафинированном растительном масле следов солей жирных кислот в пересчете на олеиновокислый натрий. Этот показатель характеризует эффективность отделения от масла омыленных жирных кислот после проведения щелочной нейтрализации и промывки.

ГОСТ 5480-59 распространяется на масла растительные и устанавливает методы определения мыла в рафинированных маслах после щелочной рафинации, натуральных жирных кислотах. Качественным методом определяется отсутствие мыла (натриевых солей свободных жирных кислот) в рафинированных маслах после щелочной рафинации, натуральных жирных кислотах. Количественными методами определяют содержание мыла, оставшегося в масле после щелочной рафинации сырых масел, натуральных жирных кислотах.

Определение отсутствия мыла (качественный метод)

Аппаратура, реактивы, растворы: плитка электрическая; асбест; стеклянные шарики или кусочки пемзы, или стеклянные капилляры; колбы Кн ($П_1$)-250 Тс; цилиндры 1(3)-25 (50, 100); вода дистиллированная; фенолфталеин, спиртовой раствор с массовой долей 1%; спирт этиловый.

Подготовка к испытанию

1. Произвести отбор проб по ГОСТ Р 52062-2003.
2. Пробу испытуемого масла тщательно перемешать.
3. Масло берется для испытания непрофильтрованным.

Проведение испытания

1. В конической колбе вместимостью 250 $см^3$ предварительно прокипятить 50 $см^3$ дистиллированной воды с несколькими каплями фенолфталеина (при этом вода должна оставаться бесцветной), а затем добавить около 10 $см^3$ испытуемого масла и кипятить в течение 5–10 мин.

2. Для равномерности кипения в колбу поместить кусочки пемзы или стеклянные капилляры. По окончании кипячения колбу поставить на лист белой бумаги и добавить еще несколько капель фенолфталеина.

3. При отсутствии мыла в масле нижний слой в колбе после охлаждения должен оставаться бесцветным. Чувствительность метода 0,02%.

Определение содержания мыла титрованием спирто-бензинового раствора.

Аппаратура, реактивы, растворы: весы лабораторные общего назначения 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; плитка электрическая; баня водяная; термометр лабораторный, обеспечивающий температуру 100 °С; колбы Кн-1-250; цилиндры 1(3)-10(25-50-100); бюретка 1 (2, 3, 6) – 1(2)-2(5) – 0,01; пипетка 2(3)-1(2)-5(10); спирт этиловый с массовой долей 95%; бензин авиационный; кислота

серная, водный раствор концентрации $c(H_2SO_4)$ = 0,1 моль/дм^3; кислота соляная, водный раствор концентрации $c(HCl)$ = 0,1 моль/дм^3 (при малых количествах мыла в рафинированных маслах следует пользоваться раствором кислоты концентрации $c(HC1)$ или $c(H_2SO_4)$ = 0,01 моль/дм^3); метиловый красный, водный раствор с массовой долей 0,2%; вода дистиллированная.

Подготовка к испытанию

1. Произвести отбор проб по ГОСТ Р 52062-2003.
2. Пробу испытуемого масла тщательно перемешать.
3. Для испытания берется нефильтрованное масло.

Проведение испытания

1. В коническую колбу отобрать навеску исследуемого масла массой 10 г, прибавить 5 см^3 этилового спирта с массовой долей 95% и 30 см^3 бензина и взболтать до полного растворения масла.

2. К полученной жидкости добавить 50 см^3 дистиллированной воды, нагретой до 80–90 °С, взболтать до образования эмульсии, прибавить 5 капель метилового красного и оттитровать из микробюретки раствором серной или соляной кислоты концентрации 0,1 или 0,01 моль/дм^3 (жидкость во все время титрования должна оставаться горячей). Прибавление кислоты при титровании производить малыми порциями: вначале по 3–4 капли, затем по 1 капле при интенсивном перемешивании жидкости. После прибавления каждой новой капли кислоты и энергичного перемешивания жидкости смеси дать расслоиться, наблюдая за окраской нижнего водного слоя. Как только водный слой титруемой жидкости приобретет слегка розовый оттенок, титрование закончить.

3. В этой же колбе (после того как она будет вымыта) провести контрольный опыт с точно таким же количеством спирта, бензина и воды, но без навески масла.

Обработка результатов

1. Содержание мыла (X) в испытуемом масле в процентах вычислить по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2)\cdot F \cdot 0{,}0304}{m}\cdot 100,$$

где V_1 – количество раствора серной или соляной кислоты, израсходованное на титрование в основном опыте, см^3; V_2 – количество раствора серной или соляной кислоты, израсходованное на титрование в контрольном опыте, см^3; F – отношение фактической мольной концентрации раствора соляной или серной кислоты к номинальной мольной концентрации растворов такой же концентрации; 0,0304 – количество мыла, соответствующее 1 см^3 раствора серной или соляной кислоты концентрации $c(H_2SO_4)$ или концентрации $c(HC1)$ = 0,1 моль/дм^3 (при использовании для титрования растворов серной или соляной кислот концентрации $c(H_2SO_4)$ или концентрации $c(HC1)$ = 0,01 моль/дм^3 при расчете вместо величины 0,0304 используют 0,00304), г; m – навеска масла, г. Допускается проводить определение содержания мыла с применением питьевой воды.

2. Конечный результат выразить как среднее арифметическое из двух параллельных определений.

3. Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать 0,01%.

Лабораторная работа № 12. Определение числа омыления соевого масла по ГОСТ 5478-90

При оценке качества соевого масла может определяться такой показатель как число омыления, который является характеристикой средней молекулярной массы смеси свободных жирных кислот, входящих в состав триглицеридов. Число омыления – условная величина, характеризующая содержание в 1 г растительного масла свободных и связанных с глицерином жирных кислот, выраженная в мг едкого кали, необходимого для разрушения сложноэфирных связей и нейтрализации выделенных при этом свободных жирных кислот. Некоторые растительные жиры используют как сырье для мыловарения. Разные жиры имеют различную способность к омылению. Число омыления, показывающее качество масла при его использовании на цели мыловаренного производства, у большинства жиров растительного происхождения равно 160–200 мг КОН/г,, а у соевого масла составляет 188–212 мг КОН/г.

ГОСТ 5478-90 распространяется на растительные масла и натуральные жирные кислоты и устанавливает метод определения числа омыления. В соответствии со стандартом число омыления – отношение массы гидроокиси калия, идущего на омыление глицеридов (связанных жирных кислот) и нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в растительном масле или жирных кислотах, к массе пробы. Единица числа омыления – мг КОН/г.

Аппаратура и реактивы: колба Кн-1-250-29/32 ТХС; бюретка 1(3)-1(2)-25(50)-0,1; холодильник ХШ-1-200-29/32 ХС или воздушный с конусом КШ-29/32 длиной 100 см; баня водяная; весы лабораторные общего назначения 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; кислота соляная, раствор концентрации c(HC1) = 0,5 моль/дм^3 (0,5 н); фенолфталеин (индикатор), раствор с массовой долей фенолфталеина в спирте 1% (при анализе светлых масел), или тимолфталеин (индикатор), раствор с массовой долей тимолфталеина в спирте 1% (при анализе темных масел), или алкалиблау (индикатор), раствор с массовой долей алкалиблау в спирте 0,75% (при анализе темных масел); спирт этиловый ректификованный; калия гидроокись, спиртовой раствор концентрации c(КОН) = 0,5 моль/дм^3 (0,5 н); вода дистиллированная. Допускается применение аппаратуры с аналогичными техническими и метрологическими характеристиками, а также реактивов, по качеству не ниже установленных в стандарте.

Подготовка к определению

1. Отобрать пробы по ГОСТ Р 52062-2003.

2. Пробы испытуемого масла перемешать и профильтровать.

3. Для приготовления спиртового раствора гидроокиси калия спирт предварительно очистить. Для этого к 1 дм^3 этилового спирта добавить 10 г гидроокиси калия и 5 г цинковой пыли; кипятить с обратным холодильником в течение 2 ч и перегнать.

4. 35 г гидроокиси калия растворить в 20 см^3 дистиллированной воды и добавить 1 дм^3 очищенного этилового спирта, оставить на сутки для отстаивания в закрытой колбе и быстро декантировать в склянку из темного стекла.

Проведение определения

1. 2–3 г масла взвесить в колбе для омыления, результат взвешивания в граммах записать до четвертого десятичного знака.

2. Прилить из бюретки 25 см^3 спиртового раствора гидроокиси калия концентрации c(КОН) = 0,5 моль/дм^3.

3. Колбу соединить с обратным холодильником, опустить глубоко в сильно кипящую водяную баню и кипятить в течение 1 ч, взбалтывая время от времени содержимое колбы.

4. К полученному прозрачному горячему мыльному раствору прилить 0,5 см^3 раствора фенолфталеина или тимолфталеина, или алкалиблау и сразу же оттитровать раствором соляной кислоты концентрации c(HCl) = 0,5 моль/дм^3.

5. В тех же условиях провести контрольное определение без испытуемой пробы.

Обработка результатов

1. Число омыления (X), мг КОН/г, вычислить по формуле:

$$X = \frac{28{,}055 \cdot F \cdot (V - V_1)}{m},$$

где 28,055 – масса гидроокиси калия, эквивалентная 1 см^3 раствора соляной кислоты концентрации c(HC1) = 0,5 моль/дм^3, мг; F – отношение фактической концентрации раствора соляной кислоты концентрации c(HC1) = 0,5 моль/дм^3 к номинальной концентрации; V – объем раствора соляной кислоты концентрации c(HC1) = 0,5 моль/дм^3, израсходованный на нейтрализацию контрольной пробы, см^3; V_1 – объем раствора соляной кислоты концентрации c(HC1) = 0,5 моль/дм^3, израсходованный на нейтрализацию испытуемой пробы, см^3; m – масса масла, г.

2. За окончательный результат анализа принять среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Вычисления проводить до первого десятичного знака и округлить до целого числа.

3. Относительное значение допускаемых расхождений между двумя параллельными определениями должно быть не более 3% среднего арифметического.

Лабораторная работа № 13. Определение содержания неомыляемых веществ в соевом масле по ГОСТ 5479-64

Содержание неомыляемых веществ характеризует количественное содержание в масле сопутствующих веществ, не реагирующих со щелочами и не разрушающихся при омылении масла. В неомыляемые вещества соевого масла входят токоферолы и углеводороды. Концентрации указанных веществ в ходе переработки масла могут снижаться, однако некоторые из них остаются в готовом продукте. Токоферолы, являющиеся антиоксидантами, в большинстве растительных масел присутствуют в небольших количествах. Наличие некоторых изомеров токоферолов в растительном масле может оказаться особенно полезным при его повторном использовании для интенсивного жарения, в процессе которого образуются окрашенные соединения, вызывающие потемнение масла, способствующие образованию неприятного вкуса.

ГОСТ 5479-64 распространяется на растительные масла и натуральные жирные кислоты и устанавливает метод определения массовой доли неомыляемых веществ. Под неомыляемыми веществами подразумеваются вещества, входящие в состав жиров, которые не реагируют с едкими щелочами в условиях, при которых производится омыление, и извлекаются петролейным или серным эфиром из омыленного жира. Неомыляемые вещества в воде нерастворимы. К группе неомыляемых составных частей жира относятся стерины (алициклические вещества, входящие в группу стероидов, к которым относятся высокомолекулярные спирты – стеролы, их сложные эфиры – стериды и др. вещества), высокомолекулярные спирты, углеводороды, некоторые красящие вещества, а также другие специфические сопутствующие вещества, обусловливающие характерные вкус, запах и цвет жира. Определение массовой доли неомыляемых веществ в растительных маслах и натуральных жирных кислотах позволяет судить о натуральности и чистоте продукта (отсутствие примесей минерального масла, парафина и т. п.).

Аппаратура, реактивы и материалы: весы лабораторные 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; шкаф сушильный с терморегулятором, обеспечивающим погрешность поддержания температуры не более 3 °С, или аппаратура для высушивания под вакуумом; баня водяная; колбы Кн ($П_1$)-250 ТС; конус КШ 29/32 ТС; холодильники обратные трубчатые длиной 1 м – конус КШ 29/32 ТС; воронки ВД-1(3) 250, (500), (1000) ХС; цилиндры 1(3)-25(50, 100); воронки В-56 (75, 100) - 80 (110, 140, 150); эксикатор 1-2; бумага фильтровальная лабораторная; стеклянные шарики или кусочки пемзы; калия гидроокись, ч.д.а., спиртовой раствор концентрации c(КОН) = 2 моль/дм^3 и водный раствор с массовой долей 3–5%; эфир петролейный по нормативно-технической документации (фракция, выкипающая при температуре 35–60 °С); спирт этиловый технический с массовой долей 95% и водный раствор с массо-

вой долей 50%; фенолфталеин, спиртовой раствор с массовой долей 1%; вода дистиллированная. Допускается применение импортного лабораторного оборудования и приборов с метрологическими характеристиками не ниже установленных стандартом.

Подготовка к испытанию

1. Произвести отбор проб масла по ГОСТ Р 52062-2003.

2. Пробу испытуемого масла хорошо перемешать и перед проведением испытания профильтровать.

3. Для приготовления спиртового раствора гидроокиси калия концентрации c(КОН) = 2 моль/дм^3 120 г гидроокиси калия, взвешенных с погрешностью не более 0,01 г, растворить в 50 см^3 дистиллированной воды и разбавить этиловым спиртом с массовой долей 95% до 1000 см^3.

Проведение испытания

1. В колбу для омыления отвесить около 5 г масла с точностью до 0,005 г, прилить 50 см^3 спиртового раствора гидроокиси калия концентрации c(КОН) = 2 моль/дм^3 и поместить в раствор несколько стеклянных шариков или кусочков пемзы, препятствующих бурному кипению.

2. Колбу соединить с обратным холодильником, поставить в кипящую водяную баню и кипятить в течение 1 ч, периодически встряхивая.

3. По истечении часа прибавить 50 см^3 воды и, если при этом жидкость помутнеет, произвести повторное кипячение.

4. Содержимое колбы охладить, количественно перенести в делительную воронку и ополоснуть колбу несколько раз петролейным эфиром (общий объем 50 см^3).

5. Все промывные порции петролейного эфира перенести в ту же делительную воронку, сильно встряхнув ее в течение 1 мин, чтобы петролейный эфир тщательно смешался с раствором мыла.

6. Смесь оставить в покое до полного разделения ее на два слоя.

7. Мыльный раствор перенести в другую делительную воронку, встряхнув с новой порцией (50 см^3) петролейного эфира, дать отстояться, отделить и проэкстрагировать мыльный раствор третий раз 50 см^3 петролейного эфира.

8. Если по предварительным данным массовая доля неомыляемых веществ в определенном образце более 1%, то экстракцию неомыляемых веществ из омыленного раствора петролейным эфиром провести 6 раз.

9. Для того, чтобы избежать образования эмульсии, добавить 5–10 см^3 спирта или 2–3 капли 3–5% раствора едкого кали.

10. Соединенные эфирные вытяжки сначала промыть слабощелочным 50% спиртом, а затем для удаления остатков мыла повторно промыть порциями по 25 см^3 50% спиртом (без щелочи) до тех пор, пока фенолфталеин не перестанет давать красного окрашивания промывной жидкости, предварительно разбавленной двойным-тройным объемом воды.

11. Промытую эфирную вытяжку количественно перенести в предварительно высушенную и взвешенную колбу, сливая раствор через воронку с бумажным фильтром.

12. Петролейный эфир отогнать в водяной бане. Полученный остаток высушить при температуре 80 °С до постоянной массы, взвешивая через каждые 15 мин. За постоянную принять массу, которая после 15-минутной сушки отличается от предыдущей не более чем на 0,001 г.

Обработка результатов

1. Массовую долю неомыляемых веществ в испытуемом масле в процентах (X) вычислить по формуле:

$$X = \frac{m_1}{m} \cdot 100,$$

где m – навеска масла, г; m_1 – масса остатка после высушивания, г.

2. Конечный результат выражается как среднее арифметическое двух параллельных определений.

3. Допускаемые расхождения между двумя параллельными определениями не должны превышать 0,15% при массовой доле неомыляемых веществ свыше 0,1 до 0,5%; 0,2% – при массовой доле неомыляемых веществ свыше 0,5 до 1,0% и 0,3% – при массовой доле неомыляемых веществ свыше 1,0 до 2,0%.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные показатели, определяемые при оценке качества соевого жмыха и шрота.
2. Раскройте значение отдельных показателей качества соевого жмыха и шрота.
3. Как определяется содержание сырого жира в соевом жмыхе и шроте?
4. По какой стандартной методике определяется массовая доля сырого протеина в соевом жмыхе и шроте?
5. Как и с какой целью определяется содержание клетчатки в соевом жмыхе и шроте?
6. По какой формуле определяется общая энергетическая питательность (ОЭП) соевого жмыха и шрота?
7. Кратко охарактеризуйте сущность метода определения массовой доли золы в соевом жмыхе и шроте и значение указанного показателя качества.
8. С какой целью и по какой методике определяется активность уреазы в соевом жмыхе и шроте?
9. Назовите основные показатели качества, определяемые при оценке качества соевого масла.
10. Поясните значение отдельных показателей качества соевого масла.

11. О чем может свидетельствовать запах, цвет и прозрачность соевого масла?
12. Каково значение показателя кислотного числа соевого масла и методика его определения?
13. О чем может свидетельствовать показатель йодного числа растительного масла?
14. Что показывает число омыления растительного масла?
15. Как выражается показатель перекисного числа растительных масел?
16. Что характеризует показатель содержания мыла в соевом масле?

Глава 11

Получение некоторых продуктов переработки семян сои в лабораторных условиях

Лабораторная работа № 1. Производство соевого молока и соевого сыра тофу

Соевый творог тофу был получен монахами-буддистами более 2000 тысяч лет назад и назван «блюдом с тысячей вкусов», т. к. в зависимости от добавленных специй и приправ тофу может стать кислым, сладким, соленым, горьким, приобрести специфический пикантный вкус. Ассортимент выпускаемых в настоящее время пищевой промышленностью соевых продуктов питания весьма велик, а некоторые продукты питания из сои можно получать и в домашних условиях (С. С. Степанов, А. Г. Дмитриев, 2000 г.).

Цель и задачи работы: освоить технологию приготовления соевого молока и соевого сыра из соевых семян в домашних условиях.

Оборудование, материалы и реактивы: блендер (сосуд с вращающимися ножами на дне), или миксер с насадками для дробления (ножами), или электромясорубка; фильтрующее полотно, или мелкое сито, или двухслойная марля; варочный котел или кастрюля емкостью 5 л; широкая емкость или таз; ванилин; сульфат кальция, лимонный сок, или яблочный уксус, или хлорид магния; тканевый мешочек; дуршлаг; шумовка; термометр; электрическая или газовая плитка; очищенная вода; очищенные соевые семена.

Ход проведения работы:

1. Замочить 350 г очищенных соевых семян в воде в течение 12 ч.

2. Тонко размолоть вымоченные семена при добавлении 2–2,5 л горячей воды с помощью блендера, миксера или пропустив несколько раз через электромясорубку.

3. Слить полученную кашицу в котел и кипятить около 30 мин.

4. Процедить проваренную кашицу через полотно, марлю или мелкое сито, слегка отжимая растительный остаток.

5. Оставшуюся твердую массу (окару) поместить на хранение в холодильник с целью последующего использования при приготовлении супов, кондитерских и хлебобулочных изделий, корма доля животных и т. д.

6. При непосредственном использовании в качестве напитка добавить в соевое молоко небольшое количество ванилина.

7. Для производства соевого сыра добавить к соевому молоку коагулянт, предварительно растворенный в 200 мл холодной воды: 3 чайные ложки хлорида магния или 6 столовых ложек лимонного сока, или 5 столовых ложек яблочного уксуса, или 1 столовую ложку сульфата кальция, или несколько ложек кислого животного молока (при использовании сульфата кальция температуру соевого молока снизить до 71–76,5 °С).

8. Медленно перемешать соевое молоко для лучшего створаживания.

9. По истечении нескольких минут (от 3 до 15) убедиться в том, что произошло полное расслоение соевого молока на сыворотку и творог.

10. Осторожно перенести створоженную массу в тканевый мешочек (холщовый или марлевый), который поместить в дуршлаг, установленный в кастрюле.

11. Закрыть мешок и поместить на него груз 2–2,5 кг с целью получения концентрированной массы.

12. По истечении не менее 15 мин прессования убрать груз, поместить дуршлаг в широкую емкость с холодной водой, где аккуратно освободить створоженную массу от дуршлага и, развернув матерчатый мешочек под водой, поместить тофу на дно емкости.

13. Хранить тофу в воде в охлажденном виде в холодильнике или в замороженном виде в морозильной камере.

14. Перед употреблением к свежеприготовленному тофу добавить вкусовые наполнители (соевый соус, овощные соки, настойки трав, перец, чеснок, соль и др.).

Лабораторная работа № 2. Проведение переэтерификации высокоплавких животных и растительных жиров с жидкими растительными маслами с целью получения пищевых пластичных жиров

В процессе переэтерификации протекает группа реакций, при которых идет обмен ацильных групп, приводящий к образованию молекул новых ацилглицеринов (сложных эфиров глицерина и высших карбоновых кислот, составляющих основную массу липидов) и к изменению физико-химических свойств жировых смесей в результате изменения молекулярного состава. При температуре 80–90 °С в присутствии катализаторов происходит обмен ацилами как внутри молекулы ацилглицеринов, так и между различными молекулами ацилглицеринов. Получаемые переэтерифицированные жиры находят применение в качестве компонентов маргариновой продукции, переэтерифицированные жиры специального назначения используются при производстве кондитерского жира, аналогов молочного жира, в процессе хлебопечения и т. д.

В лабораторных условиях возможно провести работу по обоснованию технологии промышленной переэтерификации. Примером разработки такого обоснования может служить разработанный американскими учеными экономичный способ химической переэтерификации 500-граммовых партий жира в лабораторных условиях (Д. Р. Эриксон, 1995 г.).

Цель работы: изучить последовательность и значение операций, позволяющих проводить химическую переэтерификацию жиров в лабораторных условиях.

Оборудование, материалы и реактивы: термометр; 2 химических стакана емкостью 1000 мл; электроплитка; электромешалка с перемен-

ной скоростью; стеклянная барботажная трубка; штатив с кольцом для делительной воронки; делительная воронка на 2000 мл; воронка Бюхнера; колба для фильтрации под вакуумом на 2000 мл; фильтровальная бумага; катализатор метоксид натрия (метилат); газообразный азот (чистота – не менее 98%); отбеливающая глина; диатомовая земля; лимонная кислота; 500 г жировой смеси с содержанием влаги, свободных жирных кислот и мыла менее 0,1%, перекисным числом – менее 10 ммоль/кг.

Ход проведения работы:

1. Установить химический стакан (на 1000 мл) с 500 г жира на предварительно нагретую электроплитку.

2. Открыть подачу азота в материал через барботажную трубку. Добиться средней интенсивности барботажа.

3. Ввести в жировую смесь мешалку, установив режим умеренного перемешивания, а затем отрегулировать нагрев смеси в пределах значений температуры от 110 до 113 °С.

4. Взвесить 0,5 г свежего (с требуемой активностью) метоксида натрия.

5. По истечении 45 мин выдержки реакционной смеси при температуре 110–113 °С осторожно ввести приготовленный метоксид натрия в смесь.

6. Во избежание вспенивания смеси сократить интенсивность барботажа, а затем снизить температуру до (91,5±1,5) °С на 20–30 мин при умеренном перемешивании.

7. В том случае, если через 1–3 мин после добавления катализатора смесь не приобрела цвет от умеренно коричневого до темно-коричневого, ввести дополнительное количество метилата порциями по 0,5 г вплоть до изменения окраски, с интервалом между внесениями 4–5 мин. Отсутствие изменения цвета при добавлении в сумме 2,5 г катализатора свидетельствует о недостаточной его активности или о неудовлетворительном состоянии исходной жировой смеси.

8. По истечении времени выдержки смеси при температуре (91,5±1,5) °С осторожно добавить в реакционную смесь 3,56 г 50% раствора лимонной кислоты в дистиллированной воде и перемешать реакционную смесь в течение 1 мин (указанное количество раствора лимонной кислоты соответствует порции катализатора в 0,5 г).

9. Выключить барботаж, осторожно перенести смесь в делительную воронку и слить водный слой.

10. Добавить дополнительно 3–4 г 50% раствора лимонной кислоты, сделать 6–7 перемешивающих круговых движений и подождать, пока смесь разделится, а затем слить водный слой. В случае образования неразделяющейся эмульсии ввести в смесь 2–3 г сухой лимонной кислоты и осторожно сделать 2–3 круговых движения, а затем слить образовавшийся водный слой.

11. Добавить в смесь 400–500 мл горячей водопроводной воды, перемешать смесь, сделав 6–8 круговых движений, и слить водный слой.

12. Провести промывку горячей водой еще несколько раз, сопровождая ее энергичным встряхиванием, до тех пор, пока водный слой не станет сравнительно прозрачным.

13. Перелить жидкий жир в чистый химический стакан объемом 1000 мл, поставить его на электроплитку и начать энергичное перемешивание жира в сочетании с интенсивным пропуском через него азота.

14. Доведя температуру жидкого жира до 104 °С, выдержать его при этой температуре до тех пор, пока он не станет прозрачным, а затем снизить температуру до 82 °С при энергичном помешивании и интенсивном пропускании азота.

15. После добавления 0,5% диатомовой земли, а затем 1% отбеливающей глины вновь довести температуру смеси до 104 °С и выдержать масло при указанной температуре 20 мин.

16. Отделить очищенный переэтерифицированный жир, профильтровав его через бумажный фильтр методом вакуум-фильтрации с использованием воронки Бюхнера.

Лабораторная работа № 3. Получение окары сверхмелкого измельчения (окары-СИ)

Окара сверхмелкого измельчения может являться основой многих блюд и продуктов (гарниры, бутербродные пасты, пасты фруктово-ягодные и десертные, пасты для фарширования, начинка для кондитерских изделий, блюда из рубленого мяса с окарой и др.). Производится она из окары, получаемой в виде твердой фракции при обработке перемолотых соевых семян водой и паром. Передовой опыт Регионального общественного фонда содействия внедрению социальных инноваций (А. Г. Дмитриев, А. В. Котровский, 2002 г.) показывает, что рассматриваемая методика позволяет получать окару-СИ сверхмелкого измельчения, предназначенную для приготовления продуктов питания, готовых к употреблению без дополнительной термической обработки. Получение такой окары стало возможным с появлением установок по переработке соевых семян нового поколения (типа «СМ-Р» Таганрогского завода «Прибой»), в которых возможна установка небольшого зазора между рабочими органами диспергатора (около 70 микрон).

Цель работы: Изучить методику получения окары сверхмелкого измельчения (окары-СИ) с помощью диспергатора установки «СМ-Р».

Материалы и оборудование: диспергатор, входящий в комплект установки «СМ-Р»; фильтровальная ткань; питьевая вода; горячая вода; свежеприготовленнная первичная окара.

Ход проведения работы

1. Приготовить 3 кг свежеполученной первичной окары.

2. Добавить к окаре 5 литров питьевой воды любой температуры и тщательно перемешать смесь.

3. Поместить смесь в закрывающуюся посуду, нагреть ее до кипения и кипятить в течение 1/4 часа.

4. Простерилизовать кипячением в течение 1/4 часа фильтровальную ткань.

5. Диспергатор, входящий в комплект установки «СМ-Р», хорошо промыть, а затем трижды обработать горячей водой, заливая в него 10 л воды с температурой 100 °С и включая в работу на 5 минут.

6. После обработки диспергатора горячей водой загрузить в него предварительно простерилизованную кипячением окару и произвести ее размол в течение 10 мин.

7. Выпустить диспергированную окару через двойной слой простерилизованной кипячением фильтровальной ткани в отжимной пресс и умеренно отжать воду прессованием.

Лабораторная работа № 4. Приготовление картофельного пюре с окарой и сливочным маслом

Региональным общественным фондом содействия внедрению социальных инноваций (Фонд СИ) разработано и апробировано множество блюд с окарой сверхмелкого измельчения (окарой-СИ) и окарой мелкого помола, использование которых при приготовлении блюд и продуктов из окары является наиболее целесообразным (А. В. Котровский, 2002 г.). Потребляя окару, человек получает клетчатку (балластное неперевариваемое вещество, способствующее улучшению пищеварения, нормализации обмена веществ), высококачественные белки, жиры, лецитин, двухвалентное железо и др.

Цель работы: освоить методику приготовления картофельного пюре с окарой и сливочным маслом.

Необходимые для приготовления 1 порции гарнира ингредиенты: 100 г окары-СИ или окары мелкого помола; 50 г сырого очищенного картофеля; 25 г лука репчатого; по 15 г масла растительного и сливочного; 30 г горячего соевого молока; 5 г поваренной соли.

Ход приготовления гарнира

1. Мелко порезать репчатый лук, а затем пассеровать его на масле.

2. Отварить картофель и истолочь его, предварительно слив воду.

3. Добавить в истолченный картофель горячее соевое молоко.

4. После тщательного перемешивания картофеля и соевого молока добавить сливочное масло и все вновь перемешать.

5. Смешать полученную смесь с пассерованным репчатым луком.

6. Добавить к смеси окару сверхмелкого измельчения или окару мелкого помола и соль.

7. Тщательно перемешать смесь с вновь добавленными компонентами. Употреблять в пищу полученный гарнир в горячем виде.

Лабораторная работа № 5. Приготовление баклажанов фаршированных с окарой

Специалисты Фонда СИ при приготовлении паст для фарширования рекомендуют использовать окару сверхмелкого измельчения, не подвергнутую предварительной стерилизации, т. к. паста в процессе приготовления термически обрабатывается в составе блюда (А. В. Котровский, 2002 г.).

Цель работы: освоить методику приготовления баклажанов, фаршированных окарой.

Необходимые ингредиенты и оборудование: диспергатор установки по производству соевого молока «СМ-Р»; отжимной пресс; свежеприготовленная первичная окара; питьевая вода; простерилизованная фильтровальная ткань; баклажаны; лук репчатый очищенный; томат-пюре; чеснок; масло растительное; черный молотый перец; поваренная соль.

Ход приготовления блюда

1. К 3 кг свежеприготовленной первичной окары добавить 5 литров питьевой воды и тщательно перемешать.

2. Перенести смесь в диспергатор установки «СМ-Р» и произвести размол в течение 10 минут.

3. Выпустить полученную размолотую смесь в отжимной пресс через двойной слой предварительно простерилизованной кипячением в течение 15 минут фильтровальной ткани, а затем умеренно отжать воду прессованием.

4. Для приготовления 1 порции блюда подготовить 150 г баклажанов: разрезать пополам вдоль и удалить середину, не нарушая целостности.

5. Нашинковать мелко 15 г репчатого лука и натереть на мелкой терке 15 г очищенных долек чеснока.

6. Тщательно перемешать 60 г предварительно полученной окары-СИ, 16 г томата, нашинкованный лук, протертый чеснок и 5 г поваренной соли до пастообразного состояния.

7. Заполнить пастой середину баклажанов (с горкой) и выложить их на смазанный растительным маслом противень.

8. В духовом шкафу поставить противень с баклажанами на емкость с водой.

9. Жарить в горячем духовом шкафу фаршированные окарой баклажаны до подрумянивания.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы производства соевого молока и соевого сыра в лабораторных условиях.
2. Каким образом получают окару сверхмелкого измельчения на малогабаритных установках по переработке соевых семян?
3. Как и с какой целью может использоваться в кулинарии окара сверхмелкого измельчения?
4. Как готовится картофельное пюре с добавлением окары?

Глава 12

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, получаемых из семян сои

Выписка из Санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» устанавливают гигиенические нормативы безопасности и пищевой ценности для человека пищевых продуктов, а также требования по соблюдению указанных нормативов при изготовлении, ввозе и обороте пищевых продуктов.

Пищевые продукты должны удовлетворять физиологические потребности человека в необходимых веществах и энергии, отвечать обычно предъявляемым к пищевым продуктам требованиям в части органолептических и физико-химических показателей и соответствовать установленным нормативными документами требованиям к допустимому содержанию химических, радиоактивных, биологически активных веществ и их соединений, микроорганизмов и других биологических организмов, представляющих опасность для здоровья нынешних и будущих поколений.

1. Допустимые уровни показателей в семенах сои, не более:

- *токсичные элементы*: свинец – 1,0 мг/кг; мышьяк – 0,3; кадмий – 0,1; ртуть – 0,05 мг/кг;
- *микотоксины*: афлатоксин B_1 – 0,005 мг/кг;
- *пестициды*: гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры) – 0,2; ДДТ и его метаболиты – 0,05 мг/кг;
- *радионуклиды*: цезий-137 – 70 Бк/кг; стронций-90 – 90 Бк/кг.

2. Допустимые уровни показателей в соевом масле, не более:

- *показатели окислительной порчи*: кислотное число – 4,0 мг КОН/г (0,6 мг КОН/г для рафинированного масла); перекисное число – 10,0 ммоль активного кислорода/кг;
- *токсичные элементы*: свинец – 0,1 мг/кг; мышьяк – 0,1; кадмий – 0,05; ртуть – 0,03 мг/кг;

- *микотоксины*: афлатоксин B_1 – 0,005 мг/кг (для нерафинированных масел);
- *пестициды*: гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры) – 0,2 (0,05 для рафинированного, дезодорированного масла); ДДТ и его метаболиты – 0,2 (0,1 для рафинированного, дезодорированного масла) мг/кг;
- *радионуклиды*: цезий-137 – 60 Бк/кг; стронций-90 – 80 Бк/кг.

3. Допустимые уровни показателей в изолятах, концентратах, гидролизатах и текстуратах соевых белков, в пищевом шроте и муке с различным содержанием жира из соевых семян, не более:

- *токсичные элементы*: свинец – 1,0 мг/кг; мышьяк – 1,0; кадмий – 0,2; ртуть – 0,03 мг/кг;
- *микотоксины*: афлатоксин B_1 – 0,005 мг/кг;
- *пестициды*: гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры) – 0,2; ДДТ и его метаболиты – 0,05 мг/кг;
- *олигосахара*: не более 2% для соевых белковых продуктов диетического и детского питания;
- *ингибитор трипсина*: не более 0,5 % для соевых белковых продуктов диетического и детского питания;
- *радионуклиды*: цезий-137 – 80 Бк/кг; стронций-90 – 100 Бк/кг.

4. Допустимые уровни показателей для продуктов белковых из семян сои: напитков, в т. ч. сквашенных; тофу и окары; напитков концентрированных, сгущенных и сухих; тофу и окары сухих, не более:

- *токсичные элементы*: свинец – 0,2 мг/кг; кадмий – 0,1; мышьяк – 0,2; ртуть – 0,03 мг/кг (в пересчете на сухое вещество);
- *микотоксины*: афлатоксин B_1 – 0,005 мг/кг;
- *пестициды*: гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры) – 0,1; ДДТ и его метаболиты – 0,01 мг/кг; ртутьорганические пестициды – не допускаются (в пересчете на сухое вещество);
- *радионуклиды*: цезий-137 – 130 Бк/кг; стронций-90 – 80 Бк/кг (в пересчете на сухое вещество);
- *олигосахара*: не более 2% для продуктов белковых из семян сои: напитков, в т. ч. сквашенных; тофу и окары;
- *ингибитор трипсина*: не более 0,5% для продуктов белковых из семян сои: напитков, в т. ч. сквашенных; тофу и окары.

5. Микробиологические показатели

Группа продуктов	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются					Примечание
		БГКП (коли-формы)	*S. aureus*	патогенные, в т. ч. сальмонеллы	сульфитредуцирующие клостридии	*B. cereus*	
Изоляты, концентраты растительных белков, мука соевая	$5{,}0 \cdot 10^4$*	0,1	0,1	25	0,1		Дрожжи и плесени – 100 КОЕ/г, не более; *$5{,}0 \cdot 10^3$ – для детских продуктов
Концентрат соевого белка, мука соевая текстурированные	$2{,}5 \cdot 10^4$	0,1	0,1	25	0,1		Дрожжи и плесени – 100 КОЕ/г, не более
Гидролизат белковый ферментированный из соевого сырья	$1 \cdot 10^3$	1,0	–	25	–		Дрожжи и плесени в 1 г не допускаются
Напитки из семян сои: напитки соевые асептического розлива **							** должны удовлетворять требованиям промышленной стерильности для консервов группы «А»
напитки соевые, коктейли, охлажденные и замороженные десерты	$5{,}0 \cdot 10^4$	0,1***	1,0	25		0,1	*** 1,0 – со сроком годности более 72 часов; плесени – 10 КОЕ/г, не более
напитки соевые сквашенные	–	0,1***	1,0	25		0,1	*** то же; плесени – 10, дрожжи – 10 КОЕ/г, не более
Продукты белковые соевые (тофу)	$5{,}0 \cdot 10^4$****	0,1***	1,0	25		0,1	*** то же; **** с применением заквасочных культур – не нормируется; плесени – 10 и дрожжи – 50 КОЕ/г, не более
окара	$5{,}0 \cdot 10^4$	0,01	1,0	25		0,1	плесени – 10 КОЕ/г, не более

рии рода Yersinia;

ы порчи – дрожжи и плесне

рганизмы;

ы заквасочной микрофлоры и

молочнокислые микроорганиз

анизмы, дрожжи, бифидобакт

в продуктах с нормируемым

флоры и в пробиотических пр

микробиологических показ

осуществляется для больши

нативному принципу, т. е. но

допускаются бактерии групп

но-патогенных микроорганизм

ы, в т. ч. сальмонеллы и *L*

орматив отражает количество

одукта (КОЕ/г, мл).

от состава консервированного

ы активной кислотности (pH

Микробиологические показатели безопасности (промышленная стерильность) полных консервов групп А и Б*

Микроорганизмы, выявленные в консервах	**Консервы общего назначения**	**Консервы детского и диетического питания**
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы *B. subtilis*	Отвечают требованиям промышленной стерильности. В случае определения количества этих микроорганизмов оно должно быть не более 11 клеток в 1 г (см^3) продукта	Отвечают требованиям промышленной стерильности. В случае определения количества этих микроорганизмов оно должно быть не более 11 клеток в 1 г (см^3) продукта
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы *B. cereus* и (или) *B. polymyxa*	Не отвечают требованиям промышленной стерильности	Не отвечают требованиям промышленной стерильности
Мезофильные клостридии	Отвечают требованиям промышленной стерильности, если выявленные мезофильные клостридии не относятся к *C. botulinum* и (или) *C. perfringens*. В случае определения мезофильных клостридий их количество должно быть не более 1 клетки в 1 г (см^3) продукта	Не отвечают требованиям промышленной стерильности при обнаружении в 10 г (см^3) продукта
Неспорообразующие микроорганизмы и (или) плесневые грибы, и (или) дрожжи	Не отвечают требованиям промышленной стерильности	Не отвечают требованиям промышленной стерильности
Плесневые грибы, дрожжи, молочнокислые микроорганизмы (при посеве на эти группы)	–	Не отвечают требованиям промышленной стерильности
Спорообразующие термофильные анаэробные, аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы	Отвечают требованиям промышленной стерильности, но температура хранения не должна быть выше 20 °С	Не отвечают требованиям промышленной стерильности

* Для сгущенных стерилизованных молочных консервов оценка промышленной стерильности производится в соответствии с действующим государственным стандартом.

6. Микробиологические показатели соевого масла, используемого при изготовлении продуктов детского питания

КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются				
	БГКП (коли-формы)	*S. aureus*	патогенные, в т. ч. сальмонеллы	плесени	дрожжи
100	1,0	–	25	20	1,0

7. Пищевые продукты, полученные из генетически модифицированных источников, подлежащие этикетированию:

1. соевые семена;
2. соевые проростки;
3. концентрат соевого белка и его текстурированные формы;
4. изолят соевого белка;
5. гидролизат соевого белка;
6. соевая мука и ее текстурированные формы;
7. заменитель молока (соевое молоко);
8. заменитель сухого молока (сухое соевое молоко);
9. консервированная соя;
10. вареные соевые семена;
11. жареные соевые семена;
12. жареная соевая мука;
13. продукты, полученные из или с использованием изолята соевого белка, концентрата соевого белка, гидролизата соевого белка, соевой муки, сухого соевого молока;
14. ферментированные соевые продукты;
15. соевая паста и продукты из нее;
16. соевый соус;
17. продукты, полученные из или с использованием соевого молока (тофу, сквашенные напитки, мороженое, майонез).

8. Пищевые продукты, полученные из генетически модифицированных источников, не требующие этикетирования:

1. соевое масло рафинированное;
2. соевый лецитин;
3. фруктоза.

9. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов детского питания. Специализированные продукты для лечебного питания детей. Продукты на основе изолята соевого белка

Пищевая ценность (допустимые нормируемые маркируемые уровни показателей в готовом к употреблению продукте):

- *белок* – 15–20 г/л; *метионин* – 0,25–0,35; жир – 30–38 г/л; линолевая кислота – не менее 14% от суммы жирных кислот, не менее 4000 мг/л; *углеводы* (декстрин-мальтоза) – 65–80 г/л; энергетическая ценность – 650–720 ккал/л;
- *минеральные вещества*: кальций – 450–750 мг/л; фосфор – 250–500; калий – 500–800; натрий – 200–320; магний – 40–80; медь – 0,4–1,0; железо – 6–14; цинк – 4–10 мг/л; зола – 3–5 г/л;
- *витамины:* ретинол (А) – 500–800 мкг-экв/л; токоферол (Е) – 5–15 мг/л; кальциферол (D) – 8–12 мкг/л; витамин К – 25–100 (не маркируется); тиамин (B_1) – 300–600; рибофлавин (B_2) – 600–1000; пиридоксин (B_6) – 300–700; фолиевая кислота (B_9) – 50–150; цианокобаламин (B_{12}) – 1,5–3 мкг/л; ниацин (PP) – 4–8 мг/л; аскорбиновая кислота (С) – 40–110; таурин – 45–55; L-карнитин – 10–20 мг/л;
- *осмоляльность*: не более 280–300 мОсм/кг.

Допустимые уровни показателей безопасности, не более (в готовом к употреблению продукте):

- *показатели окислительной порчи*: перекисное число – 4,0 ммоль активного кислорода/кг жира;
- *токсичные элементы*: свинец – 0,05 мг/кг; мышьяк – 0,05; кадмий – 0,02; ртуть – 0,005 мг/кг;
- *микотоксины*: афлатоксин B_1 – не допускается (< 0,00015 мг/кг);
- *пестициды*: гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры) – 0,02; ДДТ и его метаболиты – 0,01 мг/кг;
- *радионуклиды*: цезий-137 – 50 Бк/л; стронций-90 – 30 Бк/л;
- *микробиологические показатели (на сухой продукт)*: КМАФАнМ – не более $2 \cdot 10^3$ КОЕ/г; БГКП (колиформы) – не допускаются в 1,0 г массы продукта; *S. aureus* – не допускаются в 1,0 г массы продукта; *B. cereus* – не более 100 КОЕ/г; патогенные, в т. ч. сальмонеллы – не допускаются в 100 г массы продукта; плесени – не более 50 КОЕ/г; дрожжи – не более 10 КОЕ/г.

10. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов детского питания. Продукты для питания беременных и кормящих женщин. Продукты на молочной основе и на основе изолята соевого белка

Пищевая ценность (допустимые нормируемые маркируемые уровни показателей в готовом к употреблению продукте):

- *белок* – 30–100 г/л; жир – 8–35; *углеводы* – 100–140 г/л; энергетическая ценность – 610–1300 ккал/л;
- *минеральные вещества*: кальций – 1200–2000 мг/л; фосфор – 900–1400 мг/л; кальций/фосфор – 1,1–2,0 (не маркируется); калий – 1400–2500 мг/л; натрий – 450–750 мг/л; калий/натрий – 2–3 (не маркируется); магний – 150–250 мг/л; медь – 600–1000 мкг/л; марганец – 200–250 мкг/л; железо – 30–50 мг/л; цинк – 10–40; хлориды – 1000–1600 мг/л (не маркируется); йод – 100–250 мкг/л; зола – 9–12 г/л;
- *витамины:* ретинол (А) – 500–1500 мкг-экв/л; токоферол (Е) – 10–40 мг/л; кальциферол (D) – 10–15 мкг/л; витамин К – 50–120 мкг/л; тиамин (B_1) – 0,8–1,5 мг/л; рибофлавин (B_2) – 0,8–1,5; пантотеновая кислота – 8–12; пиридоксин (B_6) – 1,5–3,0; фолиевая кислота (B_9) – 0,8–2,0 мг/л; цианокобаламин (B_{12}) – 3,0–8,0 мкг/л; ниацин (PP) – 10–25 мг/л; аскорбиновая кислота (С) – 100–300; инозит – 80–120; холин – 80–120 мг/л; биотин – 80–200 мкг/л.

Допустимые уровни показателей безопасности, не более (в готовом к употреблению продукте):

- *показатели окислительной порчи*: перекисное число – 4,0 ммоль активного кислорода/кг жира;
- *токсичные элементы*: свинец – 0,05 мг/кг; мышьяк – 0,05; кадмий – 0,02; ртуть – 0,005 мг/кг;
- *микотоксины*: афлатоксин B_1 – не допускается (< 0,00015 мг/кг);
- *пестициды*: гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры) – 0,02; ДДТ и его метаболиты – 0,01 мг/кг;
- *радионуклиды*: цезий-137 – 50 Бк/л; стронций-90 – 40 Бк/л;
- *микробиологические показатели для сухих продуктов инстантного приготовления*: КМАФАнМ – не более $2{,}5 \cdot 10^4$ КОЕ/г; БГКП (колиформы) – не допускаются в 1,0 г массы продукта; *E. coli* - не допускаются в 10 г массы продукта; *S. aureus* – не допускаются в 1,0 г массы продукта; *B. cereus* – не более 200 КОЕ/г; патогенные, в т. ч. сальмонеллы и *L. monocytogenes* – не допускаются в 50 г массы продукта; плесени – не более 100 КОЕ/г; дрожжи – не более 50 КОЕ/г;
- *микробиологические показатели для жидких продуктов пресных стерилизованных:* должны удовлетворять требованиям промышленной стерильности для стерилизованного молока;
- *микробиологические показатели для жидких кисломолочных продуктов и продуктов на сквашенной соевой основе:* БГКП (колиформы) – не допускаются в объеме 3 $см^3$; *S. aureus* – не допускаются в объеме 10 $см^3$; *B. cereus* – не допускаются в объеме 1,0 $см^3$; патогенные, в т. ч. сальмонеллы и *L. monocytogenes* – не допускаются в объеме 50 $см^3$; бифидобактерии – не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/$см^3$ при изготовлении с их использованием; молочнокислые микроорганиз-

мы – не менее $1 \cdot 10^7$ КОЕ/см^3; плесени – не более 10 КОЕ/см^3; дрожжи – не более 10 КОЕ/см^3.

При оценке безопасности растительного сырья и соевых продуктов необходимо контролировать остаточные количества и тех пестицидов, которые были использованы при производстве продовольственного сырья.

Микробиологические показатели безопасности (промышленная стерильность) питьевых стерилизованного молока и сливок и других продуктов асептического розлива на молочной основе

№ п/п	Показатели, методы испытаний	Условия и допустимые уровни, отвечающие требованиям промышленной стерильности
1	Термостатная выдержка при температуре 37 °С в течение 3–5 суток	Отсутствие видимых дефектов и признаков порчи (вздутие упаковки, изменение внешнего вида и др.)
2	Кислотность, °Т*	Изменение титруемой кислотности не более чем на 2 °Т
3	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*	Не более 10 КОЕ/г (см^3)
4	Микроскопический препарат	Отсутствие клеток бактерий
5	Органолептические свойства	Отсутствие изменений вкуса и консистенции

* Определяется при проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы, при контроле продуктов детского и диетического питания и при повторных исследованиях.

Контрольные вопросы

1. Укажите допустимые уровни показателей безопасности семян сои.
2. Укажите допустимые уровни показателей безопасности соевого масла.
3. Укажите допустимые уровни показателей безопасности изолятов, концентратов, гидролизатов и текстуратов соевых белков, пищевого шрота и муки с различным содержанием жира.
4. Какие группы микроорганизмов учитывают при определении гигиенических нормативов по микробиологическим показателям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов из соевых семян?
5. Перечислите соевые пищевые продукты, полученные из генетически модифицированных источников, подлежащие и не подлежащие этикетированию.
6. Назовите и охарактеризуйте показатели гигиенических требований безопасности специализированных продуктов для лечебного питания детей, изготовленных на основе изолята соевого белка.
7. Какие показатели качества характеризуют пищевую ценность специализированных продуктов на основе изолята соевого белка, используемых для лечебного питания детей?

Приложение

Техническая спецификация оборудования линии для переработки соевых семян

В настоящее время американскими фирмами производится наиболее совершенное оборудование для переработки семян сои, которое предлагается, в том числе и на российском рынке, как правило, в виде укомплектованных технологических линий. В качестве примера можно привести линию, рассчитанную на переработку около 6600 т семян сои в год (при работе в три смены). При направлении на переработку семян сои влажностью 12%, с содержанием сорной примеси не более 2%, а протеина и жира – 38 и 18% соответственно на такой линии возможно производство до 4900 т текстурированной соевой муки и до 690 т фильтрованного масла в год. Производимая текстурированная соевая мука должна иметь при этом влажность не более 9%, содержание протеина и жира – не менее 50 и не более 8% соответственно, индекс диспергируемости белка (PDI) – 70%.

Процесс переработки семян сои на этой линии включает в себя: подготовку, очистку семян; обрушивание семян; экструзионную обработку с последующим экспеллированием; размол жмыха на мельнице; производство текстурированной соевой муки с помощью экструдера; упаковку полученной продукции. Согласно технологической схеме соевые семена, пройдя магнитную защиту, направляются на очистку и отделение камней. Очищенные семена поступают на систему обрушивания, где происходит отделение оболочек. После экструзионной обработки обрушенных семян производится отделение масла, которое направляется в сборник и на фильтр-пресс. Полученный в результате экспеллирования жмых после охлаждения направляется на мельницу для измельчения. Измельченный жмых поступает на скоростной миксер со впрыском воды. Гидратированная соевая мука направляется в накопитель, а затем – на экструзию. Далее полученный продукт измельчается, сушится, охлаждается и поступает на упаковочное устройство с виброподачей. После зашивания мешки с мукой перемещаются на склад.

В *секцию очистки и обрушивания семян сои* рассматриваемой линии может быть включено следующее оборудование:

1. Хранилище на 112 т семян сои, изготовленное из углеродистой стали и оборудованное транспортером для выгрузки соевых семян из автомашин и подачи в хранилище, а также – транспортером для подачи семян сои от хранилища к перерабатывающему оборудованию.
2. Магнит диаметром 150 мм, предназначенный для удаления металломагнитных примесей.

3. Очиститель соевых семян, представляющий собой аспиратор с тремя экранами и снабженный конвейером подачи семян в камнеотделитель.
4. Камнеотделитель с конвейером для подачи семян в систему обрушивания.
5. Система обрушивания, включающая в себя шнековый конвейер, мельницу (2 пары 230 мм и 305 мм стальных охлаждаемых рифленых вальцов) для измельчения семян на частицы размером 0,8–1,6 мм, пневматический аспиратор, вентилятор, циклон, систему трубопроводов.
6. Парогенератор, работающий на природном газе и предназначенный для работы с экструдером.
7. Шнековый конвейер для транспортировки обрушенных семян.
8. Бункер вместимостью около 20 м^3 для накопления и кратковременного хранения обрушенных семян, оборудованный конвейером разгрузки с переменной скоростью или вибрационным устройством подачи семян к прессу.

Секция извлечения соевого масла и производства жмыха включает:

1. Сухой экструдер, состоящий из цилиндра в сборе, водяного инжектора, объемного питателя, концевого цилиндра.
2. Шнековый пресс-экспеллер для извлечения масла из обрушенных семян сои. Экспеллер фирмы Anderson/French оборудован питателем и вертикальной шахтой, включает устройство водяного охлаждения, способствующее производству соевого жмыха с высоким индексом диспергируемости белка (PDI).
3. Конвейер для подачи продукта от экструдера к экспеллеру.
4. Измельчитель, предназначенный для измельчения соевого жмыха на небольшие кусочки перед охлаждением.
5. Шнековый конвейер для транспортировки измельченного соевого жмыха в охладитель.
6. Охладитель, укомплектованный воздуходувкой и устройством подачи и распределения материала на ленте охладителя.
7. Емкость для хранения масла объемом приблизительно 760 л, установленная рядом с экспеллером.
8. Пластинчато-рамный масляный фильтр-пресс, предназначенный для фильтрации масла перед упаковкой.
9. Шнековый конвейер для подачи охлажденного соевого жмыха из охладителя в бункер.

Секция производства текстурированной соевой муки состоит из:

1. Молотковой мельницы, включающей секцию для грубого измельчения жмыха и секцию для тонкого измельчения продукта.
2. Шнекового конвейера для подачи измельченной соевой муки от мельницы к высокоскоростному миксеру непрерывного действия.

3. Высокоскоростного быстродействующего миксера (смесителя) непрерывного действия с водяным инжектором, предназначенного для гидратации соевой муки перед экструзией.
4. Бункера для муки вместимостью около 1 т, изготовленного из материала, с которым допускается контакт пищевых продуктов, и включающего устройство для выгрузки и подачи муки в экструдер.
5. Экструдера, предназначенного для производства из низкожирной муки текстурированной соевой муки (текстурированного соевого протеина – TSP). Экструдер укомплектован главным двигателем, сборным цилиндром, водяным инжектором, объемным питателем, формующим устройством из нержавеющей стали, внешним ножом.
6. Ленточного конвейера для транспортировки текстурированной соевой муки от экструдера до холодильника-сушилки и режущего устройства.
7. Сушилки-охладителя, работающей на природном газе.
8. Ленточного конвейера для транспортировки продукта от сушилки-холодильника в накопительный бункер, изготовленный из нержавеющей стали.
9. Устройства для резки продукта на кусочки, снабженного бункером.
10. Ленточного конвейера для транспортировки продукта от режущего устройства до сушилки-холодильника.
11. Парогенератора, генерирующего для экструдера 250 кг пара в час.

Секция калибровки и упаковки укомплектована следующим оборудованием:

1. Накопительным бункером, изготовленным из материалов, с которыми допускается контакт пищевых продуктов. Бункер устанавливается над упаковочной машиной.
2. Вибрационной сортирующей машиной с экцентрическим приводом для сортировки кусочков текстурированной соевой муки.
3. Упаковочной машиной для упаковки продукта в мешки весом 25 кг, включающей в себя наполнитель, конвейер, зашивающую приставку.
4. Ленточным конвейером, предназначенным для транспортировки продукта от сортирующей до упаковочной машины.

В состав прочего оборудования входит металлический бункер на четырех опорах (1,2 × 1,7 × 2,5) м и бойлер.

Лаборатория контроля качества сырья и готовой продукции на подобном предприятии может быть оснащена следующим лабораторным оборудованием и принадлежностями: лабораторными аналитическими весами (предел взвешивания – 150 г); лабораторными весами с максимальной нагрузкой 3300 г; электронными автоматическими весами для определения влажности ускоренным методом (с инфракрасной печью);

специальным шкафом-стерилизатором (объем – 28 л, температура – до 230 °С, таймер – на 120 мин); гомогенизатором-миксером; насадкой МВА 250 со стеклянным сосудом для обработки образцов (объем – 250 мл); корпусом для обеспечения безопасности при работе со всеми насадками (250, 500, 1000 мл) с основанием для центровки емкостей с образцами (магнитное сцепление с двигателем); мельницей аналитической лабораторной (загрузка – до 50 г, максимальный размер частиц загружаемого образца – 7 мм); стеклянным аппаратом Сокслета (150 мл, комплект); комплексом для разложения проб (дайджестер К-424 на 6 образцов, набор запасных емкостей для образцов, заглушка к дайджестеру); комплексом для перегонки и титрования (установка для перегонки образцов модели К-314, индикатор Шера на 100 мл); дозиметром модели 775 для титрования в полуавтоматическом режиме; титровальным стендом с магнитной мешалкой; водяной баней (объем – 5–12 л); водоструйным насосом; pH-метром (pH – 0–14); набором буферных растворов (pH – 4, 7, 9); вибрационным грохотом; зажимным устройством для сит; приемным сосудом из нержавеющей стали; набором аналитических сит; муфельной печью с контроллером (параметр температуры – до 1100 °С); дистиллятором (производительность – 4 л/ч); электроплиткой лабораторной; пинцетом стальным с плоскими концами; скальпелем; термометрами универсальными лабораторными ртутными (0...+150 °С и 0...+300 °С) и др.

Список литературы

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. СанПиН 2.3.2.1078-01. – М.: ЗАО «РИТ ЭКСПРЕСС», 2002. – 216 с.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Дополнения и изменения №2 к СанПиН 2.3.2.1078-01. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1280-03. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 34 с.
3. Давыденко О.Г., Михайлов В.С., Клюев Л.Н. и др. Экскурсии в мир сои. – М.: Региональный общественный фонд содействия внедрению социальных инноваций, 1999. – 210 с.
4. Доморощенкова М.Л. Современные технологии получения пищевых белков из соевого шрота // Пищевая промышленность, 2001. – №4. – С. 6–10.
5. Доценко С.М., Тильба В.А., Иванов С.А. и др. Проблема дефицита белка и соя // Пищевая промышленность, 2002. – №8. – С. 38–40.
6. Елькин Н.В., Кирдяшкин В.В. Высокотемпературные инфракрасные технологии нового тысячелетия // Зерновое хозяйство, 2003. – №4. – С. 28–33.
7. Елькин Н.В., Кирдяшкин В.В. Новые технологии производства круп и ингредиентов комбикормов // Агро 21, 2003. – №7–12. – С. 162–164.
8. Зернобобовые культуры. Сборник межгосударственных стандартов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 50 с.
9. Комбикорма. Часть 2. Жмыхи и шроты. Технические условия. Сборник межгосударственных стандартов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 132 с.
10. Комбикорма. Часть 4. Корма. Комбикорма. Комбикормовое сырье. Методы анализа. Сборник государственных стандартов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 168 с.
11. Комбикорма. Часть 6. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Дрожжи. Методы анализа. Сборник государственных стандартов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 120 с.
12. Котровский А.В. Соевое питание. – М.: ООО «Полиграфлес», 2001. – 42 с.
13. Кретович В.Л. Биохимия растений. – М.: Высшая школа, 1980. – 445 с.
14. Масла растительные. Методы анализа. Сборник государственных стандартов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 204 с.
15. Масла растительные. Правила приемки и методы отбора проб. Государственный стандарт Российской Федерации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.

16. Масла растительные. Методы определения кислотного числа. Государственный стандарт Российской Федерации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
17. Мельник Б.Е., Семина Н.А. Технология послеуборочной обработки, хранения и переработки сои. – М.: Хлебпродинформ, 1996. – 40 с.
18. Мончинский П.Н., Кожарова Л.С. Производство комбикормов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 288 с.
19. Мука. Технические условия. Сборник государственных стандартов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 88 с.
20. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.
21. Руководство по переработке и использованию сои / Под ред. Эриксона Д.Р. – М.: «Макцентр», 2002. – 660 с.
22. Рязанова О.А., Поздняковский В.М., Шевелева А.А. Продукты специального назначения на основе сои // Пищевая промышленность, 2002. – № 8. – С. 42–43.
23. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. – Высшая школа, 1991. – 287 с.
24. Стауффер К.Э. Соевый белок в хлебопекарной промышленности. – М.: «Макцентр», 2002. – 48 с.
25. Степанов С.С., Дмитриев А.Г. Все об обычной сое. – М.: ООО «Яуза», 2000. – 96 с.
26. Технология переработки продукции растениеводства / Под ред. Личко Н.М. – М.: Колос, 2000. – 552 с.
27. Токарева Н.А. Доктор соя, кормилица соя. – М.: Московская типография №2, 2000. – 280 с.
28. Фирсова М.К., Попова Е.П. Оценка качества зерна и семян. – М.: Колос, 1981. – 223 с.
29. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1 / Под ред. Скурихина И.М., Волгарева М.Н. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224 с.
30. Химический состав российских продуктов питания: Справочник / Под ред. Скурихина И.М., Тутельяна В.А. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
31. Холт С. Соевая революция. – М.: ООО «Агентство переводов Атлас», 1998. – 214 с.
32. Черняев Н.П. Технология комбикормового производства. – М.: Колос, 1992. – 368 с.
33. Щегорец О.В. Соеводство. – Благовещенск: Издательская компания «РИО», 2002. – 432 с.
34. Шершнев Е.С., Коротких А.А., Ларионов В.Г. и др. Соевые бобы – ключевое звено современного кормопроизводства и повышения качества питания человека // Пищевая промышленность, 1998. – №8. – С. 36–38.
35. Эндрес Д.Д. Соевые белковые продукты. – М.: «Макцентр», 2002. – 80 с.

Содержание

Глава 1. Общие сведения 3

Глава 2. Химический состав семян сои и требования, предъявляемые к ним 9

Глава 3. Способы снижения активности антипитательных веществ соевых семян 17

Глава 4. Краткая характеристика основных продуктов переработки семян сои 24

Глава 5. Получение соевого масла и шрота 35

5.1. Механический отжим масла из семян сои 35

5.2. Экстракционный метод получения соевого масла 41

5.3. Обработка соевого шрота и переработка соевого масла 47

Глава 6. Производство соевых белковых продуктов 50

6.1. Производство жирной и обезжиренной соевой муки и крупы 50

6.2. Производство соевых белковых концентратов 54

6.3. Получение изолятов соевых белков 57

6.4. Текстурирование соевых белков 61

6.5. Производство неферментированных и ферментированных соевых продуктов 65

6.6. Переработка соевых семян на установках малой производительности 74

Глава 7. Особенности использования продуктов переработки соевых семян в пищевой и комбикормовой промышленности 78

Глава 8. Производство соевых продуктов в Российской Федерации 92

Глава 9. Перспективы производства семян сои и развития предприятий по их переработке в Российской Федерации 96

Глава 10. Анализ качества продуктов переработки соевых семян 102

10.1. Методы анализа показателей качества соевого жмыха и шрота 102

10.2. Методы анализа показателей качества соевого масла 124

Глава 11. Получение некоторых продуктов переработки семян сои в лабораторных условиях 159

Глава 12. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, получаемых из семян сои 165

Приложение. Техническая спецификация оборудования линии для переработки соевых семян 174

Список литературы 178

Учебное издание

Бегеулов Марат Шагабанович

Основы переработки семян сои

Главный редактор *О. В. Саламаха*
Научный редактор *О. В. Кислухина*
Редактор *Г. И. Елагин*
Художественный редактор *Н. И. Смирнова*
Художник *Л. Б. Саламаха*

Подписано в печать 15.02.06. Формат 60×88 1/16.
Бумага офсет № 1. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 11,6. Уч.-изд. л. 10,9. Тираж 1000 экз. Заказ № 2431.
Издательство «ДеЛи принт». 123181, г. Москва, а/я 42, тел. (495) 265-7145; www.deli.ru
Отпечатано в ООО ПФ «Полиграфист»
160001, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3.

Книготорговая и издательская фирма «ДеЛи»

предлагает более 500 наименований книг по пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе:

1. **Альбом условных обозначений технологического оборудования кондитерских предприятий.** Козлова А.В. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 108 с.
2. **Аналитический контроль производства водок и ликероводочных изделий.** Полыгалина Г.В. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 464 с.
3. **Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод.** Колесников В.А. и Меньшутина Н.В. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 324 с.
4. **Безопасность пищевой продукции**. Донченко Л.В., Надыкта В.Д - М.: ДеЛи принт, 2005. - 539 с.
5. **Биотехнологические основы интенсификации производства мясных соленых изделий.** Борисенко Л.А., Борисенко А.А., Брацихин А.А. - М.: ДеЛи принт, 2004. - 163 с.
6. **Витаминные комплексы из растительного сырья.** Кислухина О.В. - М.: ДеЛи принт, 2004. - 308 с.
7. **Высокоэффективная жидкостная хроматография как метод определения фальсификации и безопасности продукции.** Сычев С.Н., Гаврилина В.А., Музалевская Р.С. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 148 с.
8. **Диагностика неисправностей технологического оборудования мукомольных заводов.** Птушкина Г. Е., Белецкий С. Л. - М.: ДеЛи принт, 2005.
9. **Жиры. Химический состав и экспертиза качества.** Рудаков О.Б. и др. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 312 с.
10. **Инструмент, инвентарь и оборудование мясокомбинатов и мясоперерабатывающих предприятий.** Файвишевский М.Л. и др. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 500 с.
11. **Интенсивная технология молочного сахара.** Храмцов А. Г., Евдокимов И. А. М.: – ДеЛи принт, 2004. – 284 с.
12. **Контроль качества продукции физико-химическими методами. 4. Вино и виноматериалы.** Ашапкин В.В. и др. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 124 с.
13. **Комплектные зернoперерабатывающие установки малой мощности.** Демский А. Б. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 264 с.
14. **Малые предприятия по производству пива, безалкогольных напитков, спирта и ликероводочных изделий.** Ильина Е.В. - М.: ДеЛи принт, 2006. - 128 с.
15. **Математические методы планирования эксперимента.** Грачев Ю.П. и Плаксин Ю.М. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.
16. **НТД. Сборник технических нормативов - Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для питания школьников.** Под ред. М.П. Могильного – М.: ДеЛи принт, 2005. – 628 с.
17. **Оборудование для производства муки. крупы и комбикормов. Справочник.** Демский А.Б. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 760 с.
18. **Основы виноделия**. Косюра В.Т. и др. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 440 с.
19. **Основы кондитерского производства.** Драгилев А.И., Маршалкин Г.А. – М.: ДеЛи принт, 2005. - 532 с.
20. **Основы холодильной техники и технологии.** Шавра В. М. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 272 с.

21. **Пищевые добавки. Справочник.** Булдаков А.С. – М.: ДеЛи принт, 2001. – 436 с.
22. **Повышение эффективности производства комбикормов**. Шевцов А.А., Остриков А.Н. и др. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 243 с.
23. **Полимеры в производстве тароупаковочных материалов.** Сухарева Л.А., Яковлев В.С. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 494 с.
24. **Промышленная переработка вторичного молочного сырья.** Храмцов А. Г., Василисин С.В. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 100 с.
25. **Рис-зерно. Определение типового состава и класса зерна.** Филин В.М., Устименко Т.В. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 88 с.
26. **Сборник задач по расчету технологического оборудования кондитерского производства.** Драгилев А.И., Руб М.Д. – М.: ДеЛи принт. 2005. – 244 с.
27. **Сборник технологических нормативов - Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий из сои и соевых изделий для предприятий общественного питания.** Под ред. М. П. Могильного. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 387 с.
28. **Система экологического менеджмента.** Дайман С.Ю. и др. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 324 с.
29. **Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования.** Рябчиков Б. Е. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
30. **Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока.** Голубева Л. В., Пономарев А. Н. - М.: ДеЛи принт, 2004. - 179 с.
31. **Справочник работника общественного питания.** Голубев В. Н. и др. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 590 с.
32. **Справочник по производству мороженого.** Оленев Ю.А., Творогова А.А., Казакова Н.В., Соловьева Л.Н. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
33. **Сыроделие: Технологические, биологические и физико-химические аспекты.** Гудков А.В. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 800 с.
34. **Технологическое оборудование винодельческих предприятий.** Зайчик Ц.Р. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 522 с.
35. **Технология продуктов из молочной сыворотки**. Храмцов А.Г. и Нестеренко П.Г. - М.: ДеЛи принт, 2004. - 587 с.
36. **Технология молока и молочных продуктов**. Твердохлеб Г.В. и др. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 644 с.
37. **Технология молочных консервов и заменителей цельного молока**. Голубева Л.В. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 376 с.
38. **Технология продукции в общественном питании: Справочное пособие.** Могильный М.П. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 320 с.
39. **Федеральный закон «О техническом регулировании» и особенности его реализации в сфере продовольственной безопасности.** Кулев Д.Х. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 64 с.
40. **Функциональные зернопродукты.** Зверев С.В., Зверева Н.С. - М.: ДеЛи принт, 2006. - 116 с
41. **Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник.** Скурихин И.М. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 244 с.
42. **Химия коньяка и бренди.** Скурихин И.М - М.: ДеЛи принт, 2005. - 296 с.

Наш адрес: 123181, Москва, а/я 42
Тел./факс: (495)265-71-45; 742-94-95
E-mail: deli@deli.ru
www.deli.ru