

# ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ СЕМЯН С ПОЛУЧЕНИЕМ СОЕВЫХ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОРМАХ

**А. ПЫЛЬНЕВ, С. КАНДЫБОВИЧ**, д-р психол. наук, ООО «Управляющая компания «Содружество»

**С. ДАВЫДОВ**, ООО Торговый дом «Содружество»; **М. ДОМОРОЩЕНКОВА**, ВНИИЖиров

E-mail: [mdomor@mail.ru](mailto:mdomor@mail.ru)

В статье рассмотрены результаты промышленного внедрения на заводах ГК «Содружество» ряда технологических усовершенствований на стадии подготовки сырья для производства соевых белковых концентратов (СБК) с требуемым содержанием сырого протеина, такие как внедрение технологии горячего обрушивания для удаления оболочки семян; экспандирование материала перед подачей в экстракторы и автоматизированный онлайн контроль качества соевого шрота. Показано, что для достижения требуемого содержания протеина в СБК при переработке соевых бобов с более низким содержанием сырого протеина можно увеличить время нахождения соевого шрота в иммерсионном экстракторе за счет снижения скорости прохождения материала. Внедренные на предприятии технологические инновации и тщательный контроль качества сырья позволяют выпускать СБК с содержанием сырого протеина не менее 65%, в пересчете на абсолютно сухое вещество, при использовании в качестве сырья тостированного соевого шрота.

**Ключевые слова:** соевый белковый концентрат (СБК), соевый шрот, сырой протеин, водно-спиртовая экстракция, горячее обрушивание, экспандирование, автоматизированный онлайн контроль качества, иммерсионный экстрактор.

Белковые продукты переработки соевых бобов являются важным элементом хозяйственных цепочек, обеспечивающих развитие мирового и отечественного кормопроизводства и животноводства. На фоне увеличивающихся требований к показателям питательности источников белка в рационах, роста цен и ограниченности ресурсов кормовых белков животного происхождения (рыбная мука, концентраты сывороточных белков и др.) в последние годы в мире активно развиваются технологии глубокой переработки сои с получением кормовых соевых белковых продуктов с повышенным уровнем протеина и низким содержанием остаточных антипитательных факторов (АПФ). По объемам промышленного производства лидирующую позицию занимает производство соевых белковых концентратов (СБК) с использованием технологии водно-спиртовой экстракции небелковых веществ из обезжиренного соевого шрота. Содержание протеина в соевых белковых концентратах, производимых разными фирмами в США, Бразилии, Сер-

*The article deals with discussions of the results of industrial introduction at the facilities of GC Sodrugestvo of several technological improvements at the raw materials preparation stage for manufacturing of soy protein concentrates (SPC) with the required level of crude protein, such as introduction of hot dehulling; expanding of materials before feeding to extractors and automated on-line quality control of soybean meal quality. It has been shown that for reaching of the required protein content in SPC when processing low protein soybeans it is possible to increase the soybean meal residence time in the immersion extractor by reducing the rate of passage of the material. Technological innovations introduced at the enterprise and careful quality control of raw materials allow to produce SPC with a crude protein content 65% minimum based on moisture free basis when toasted soybean meal is used as a raw material.*

**Keywords:** soy protein concentrates (SPC), soybean meal, crude protein, aqueous alcohol extraction, hot dehulling, expanding, automated online quality control, immersion extractor.

бии, Китае и др., варьирует в диапазоне 62–75% и зависит от качества исходного сырья и технологических особенностей производства. Выпускаемые соевые белковые концентраты широко используются в качестве белкового компонента в составе кормов для объектов аквакультуры, в заменителях молока для телят, в стартерных кормах для поросят, в кормах для домашних животных (кошек, собак), а также в рационах других животных и птицы.

В 2014 г. впервые на территории Российской Федерации ГК «Содружество» ввела в эксплуатацию производство соевых белковых концентратов пищевого и кормового применения по технологии водно-спиртовой экстракции из обезжиренного соевого лепестка на перколяционном петлевом экстракторе. Производительность завода составила 220 т/сут. С ростом потребности в кормовых концентратах в 2020 г. был введен в действие еще один завод производительностью 500 т/сут с применением экстрактора иммерсионного типа. Технология производства СБК за-

ключается в последовательном ступенчатом извлечении из подготовленных семян сои соевого масла и других веществ липидной природы растворителями углеводородного ряда, такими как гексан, а затем экстракцию растворимых углеводов и других безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) из обезжиренного сырья водно-спиртовыми растворами с получением концентратов белка в виде нерастворимого остатка после экстракции [1–5]. Процесс основан на способности водных растворов низших алифатических спиртов (метанола, этанола и изопропанола) извлекать растворимые небелковые фракции соевого шрота без со-любилизации белков. Промышленное производство СБК по технологии водно-спиртовой экстракции появилось в начале 1960-х годов. Компания Central Soya's Chemistry Division разработала систему экстракции соевого шрота водным раствором спирта в иммерсионном экстракторе. В то же время израильский инженер и ученый Д. Хайес (Daniel Chajuss) и компания Hayes Ashdod Ltd. представили непрерывную противоточную систему экстракции обезжиренного соевого лепестка водным раствором спирта.

Эффективное производство качественных белковых продуктов с высокой добавленной стоимостью, какими являются концентраты соевого белка, требует особого внимания к качеству используемого сырья и процессам его подготовки [6]. Процессы подготовки и переработки бобов сои для подачи на заводы по производству СБК состоят из следующих основных этапов:

- предварительной очистки семян от примесей;
- темперирования, включающего в себя сушку семян до влажности около 10,5% и выдержку в течение 48–72 ч в специальных бункерах для выравнивания влажности по всему объему семян;
- подготовки соевых бобов к экстрагированию в подготовительных цехах: обрушивание соевых семян (дробление с отделением семенной оболочки); плющение (вальцевание) — получение соевого лепестка для экстракции; экспандирование — получение из соевого лепестка соевых легкоэкстрагируемых гранул для экстракции благодаря эффекту «микровзрыва» для увеличения объема соевого лепестка и приобретения им пористой структуры;
- экстракции масла специальным растворителем углеводородного ряда (гексаном);
- отгонки растворителя из обезжиренного материала, которая проводится с использованием двух разных технологий: *флеш-отгонки растворителя* (FDS) для получения пищевого соевого шрота (белого лепестка), совмещенной с регулируемой системой стриппинг-отгонки растворителя; традиционной технологии *отгонки растворителя в десольвентизаторах-тостерах*, совмещенной с последующими операциями сушки и охлаждения шрота. Обе технологии отгонки растворителя обеспечивают тепловую обработку шрота при повышенной влажности и регулируемой температуре, что позволяет сохранить желательные питательные свойства

кормового белка и одновременно способствует усилению процесса разрушения термолабильных антипитательных веществ сои.

При разработке эффективной технологии подготовки сырья для производства СБК с высоким содержанием протеина особое внимание было уделено некоторым стадиям переработки семян сои и усовершенствован технологический процесс:

внедрена технология горячего обрушивания для удаления оболочки семян;

внедрена технология экспандирования материала перед подачей в экстракторы;

внедрен автоматизированный онлайн контроль качества соевого шрота.

Цель работы — оценка эффективности предложенных усовершенствований технологического процесса, а также в рамках производственных экспериментов анализ факторов влияния происхождения источников сырья и режимов работы экстракционной линии по извлечению из шрота растворимых углеводов и других безазотистых экстрактивных веществ на качество производимого СБК.

### Технология горячего обрушивания

Преимущество внедренной технологии горячего обрушивания проявляется в более эффективном процессе отделения соевой оболочки от семенного ядра, что в конечном счете обеспечивает более высокий уровень содержания сырого протеина в производимом соевом шроте — на 0,3–0,5% выше, чем с использованием схемы обрушивания с темперированием (рис. 1), и, соответственно, в СБК — на 0,2–0,4%.

### Технология экспандирования материала перед подачей в экстракторы

Для увеличения эффективности производства СБК на предприятии были установлены экспандеры на стадиях обработки соевого лепестка перед экстракцией масла, а также перед подачей обезжиренного материала на экстракцию БЭВ.

Экспандеры — это экструдеры низкого давления, в которых происходит агломерация хлопьев и мелких частиц с образованием гранул. Такие гранулы более пористые, чем смесь хлопьев и мелких частиц, в результате чего улучшается перколяция растворителя, увеличивается производительность и достигается более полное извлечение масла из необезжиренного материала или небелковых экстрактивных веществ из соевого шрота в процессе экстракции.

Использование пористых гранул вместо лепестка обеспечивает следующие преимущества при экстракции масла, растворимых углеводов и сопутствующих небелковых веществ (БЭВ) из обезжиренного шрота:

- более высокую плотность экстрагируемого материала, увеличение производительности экстракторов на 10–15% и снижение удельных затрат энергоресурсов;

- увеличение пористости экстрагируемого материала, что позволяет улучшить экстрагируемость масла при производстве шрота и экстрагируемость БЭВ при производстве СБК;
- уменьшение потерь растворителя;
- увеличение насыпной плотности шрота и снижение затрат на его транспортировку.

Внедрение экспандеров позволило повысить производительность экстракционных установок при снижении масличности шрота и содержания олигосахаридов в СБК. Кроме того, при внедрении экспандирования в процесс производства СБК на участке подготовки белого лепестка к экстракции этанолом была сконструирована и применена собственная новая конфигурация матрицы-пуансона экспандера, которая по сравнению с матрицей от производителя экспандера позволила увеличить проницающую способность гранулы и повысить эффективность извлечения углеводов. Принципиальная схема получения гранул с помощью экспандера показана на рисунке 2.

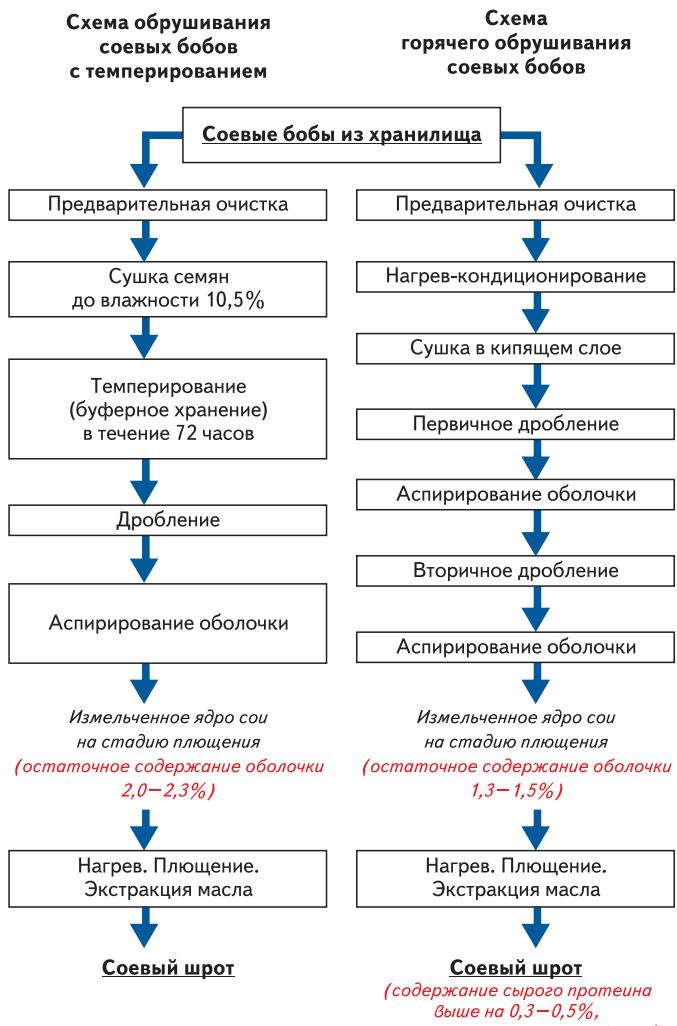


Рис. 1. Сопоставление схем обрушивания соевых бобов

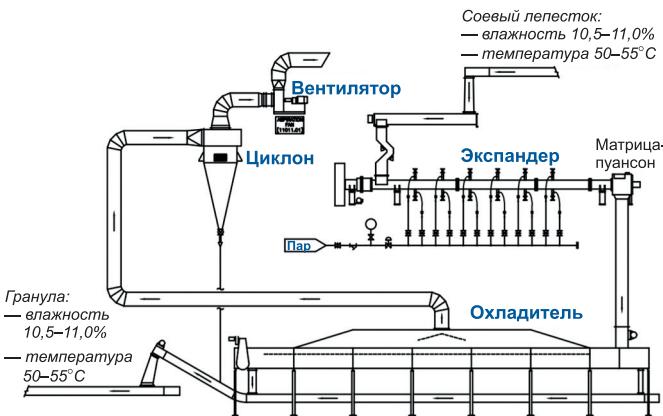


Рис. 2. Принципиальная схема экспандирования соевого лепестка

### Автоматизированный онлайн контроль качества соевого шрота

При постепенном наращивании объемов переработки семян сои (в настоящее время ГК «Содружество» перерабатывает 250–300 т сырья в сутки) возникла задача интенсификации отслеживания качества продукции с целью недопущения неконтролируемого колебаний тех или иных параметров, вызванных изменениями качественного состава сырья или отклонениями в технологическом процессе. Для ее решения, а также экономии трудовых и материальных ресурсов лаборатории, выполняющей технохимический контроль производства, на маслоэкстракционных заводах ГК «Содружество» была внедрена система автоматизированного онлайн контроля качества шрота и регулирования уровня содержания сырого протеина и влаги в готовом продукте, направляемом на хранение. Функциональная схема онлайн контроля качества шрота с использованием спектрофотометров, работающих на основе ближнего инфракрасного излучения, приведена на рисунке 3.

Внедренная система онлайн контроля позволила обеспечить более высокую стабильность необходимого уровня содержания сырого протеина, а также содержания влаги и летучих веществ в соевом шроте, что наглядно отражено на графиках почасового суточного мониторинга параметров на рисунках 4 и 5.

Стабилизация качественных параметров соевого шрота позволила сделать более эффективным контроль качества производимого соевого белкового концентрата и предотвратить в процессе его производства аналогичные колебания по уровню содержания сырого протеина.

### Влияние содержания протеина в сырье на качество СБК

Содержание сырого протеина в соевом шроте и в СБК неразрывно связано с содержанием сырого протеина в исходном сырье — соевых бобах, поступающих на переработку. Эта связь наглядно показана на рисунке 6. В данном примере использованы соевые бобы из разных

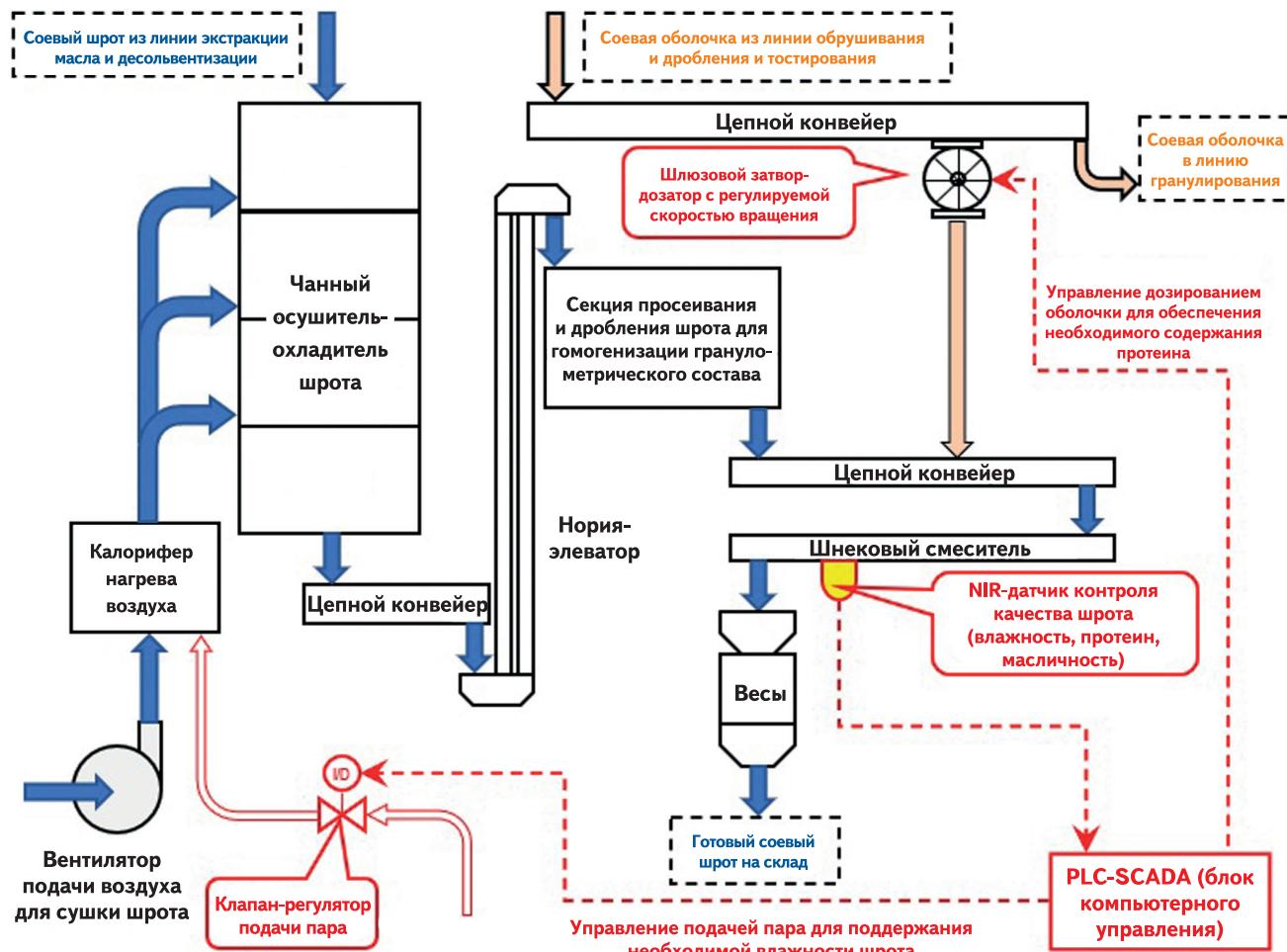


Рис. 3. Функциональная схема контроля и управления качеством соевого шрота

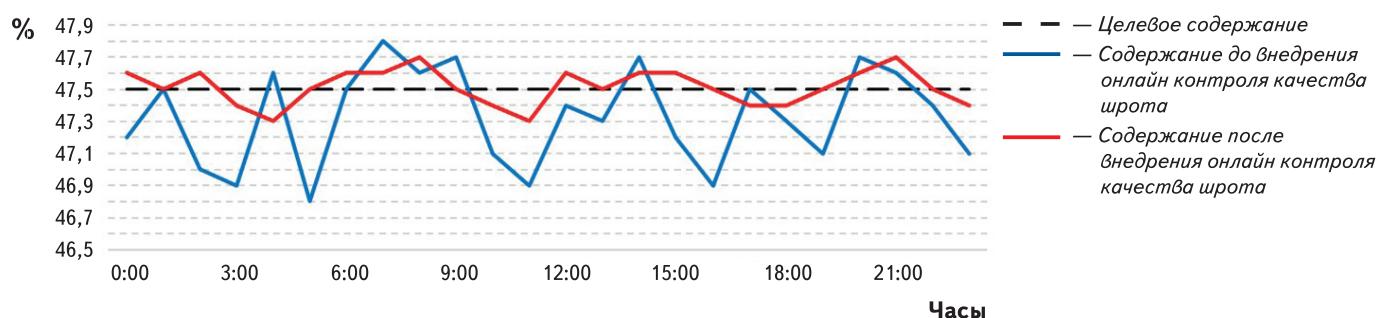


Рис. 4. Динамика колебаний содержания сырого протеина в соевом шроте

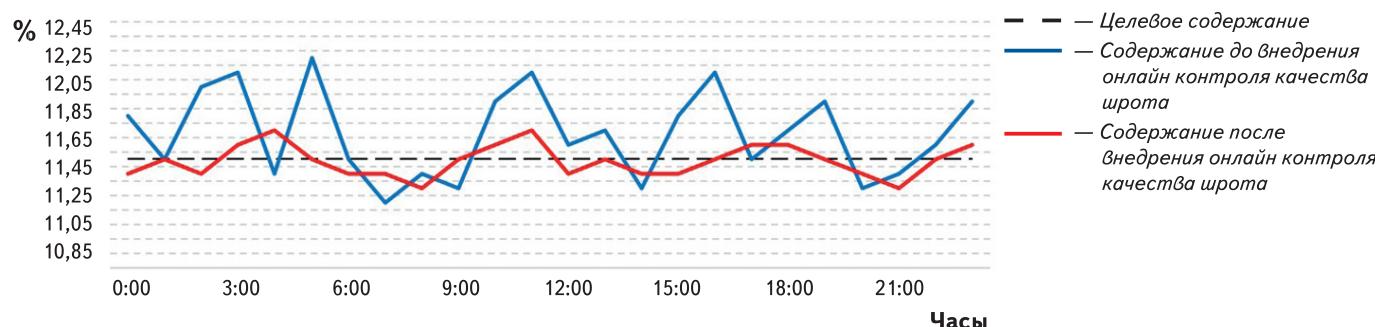


Рис. 5. Динамика колебаний содержания влаги и летучих веществ в соевом шроте

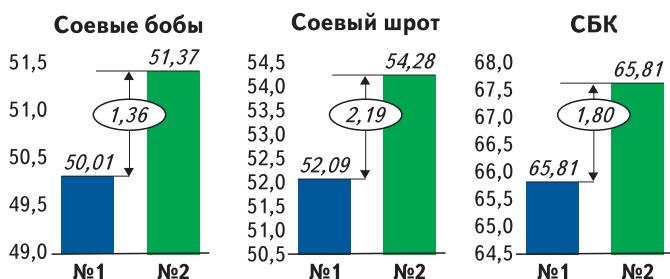


Рис. 6. Содержание сырого протеина в соевых бобах, соевом шроте и СБК (в пересчете на а.с.о.в.), %

источников (№1 и №2); СБК произведен при применении экстрактора иммерсионного типа. Как видно из данных рисунка, разница между содержанием сырого протеина в образцах исходного сырья №1 и №2 (в пересчете на абсолютно сухое обезжиренное вещество/а.с.о.в.) приводит к еще большей разнице в содержании протеина в продуктах, получаемых из этих бобов.

Также дополнительные производственные испытания продемонстрировали, что для достижения требуемого содержания протеина в СБК при переработке соевых бобов с более низким содержанием сырого протеина следует увеличить время экспозиции материала в иммерсионном экстракторе за счет снижения скорости прохождения материала. На рисунке 7 показано, как возрастает концентрация сырого протеина в СБК при увеличении времени пребывания материала в экстракторе с номинальных 2,0–2,5 ч до 3,0–3,5 ч при сниженной производительности. В результате проведенных работ были разработаны требования к характеристикам тостированного соевого шрота, минимально необходимым для достижения ключевых показателей качества СБК (таблица).

### Заключение

Таким образом, усовершенствование технологических процессов подготовки сырья привело к ряду преимуществ: использование соевого шрота, полученного по схеме горячего обрушивания, при производстве СБК позволило увеличить в нем содержание сырого протеина на 0,2–0,4%; применение экспандеров способствовало повышению производительности экстракционных установок при снижении масличности шрота и содержания олигосахаридов в СБК; внедрение системы онлайн контроля обеспечило более высокую стабильность необходимого уровня сырого протеина, влаги и летучих веществ в соевом шроте.

Установлено также, что при переработке низкобелкового сырья в иммерсионном экстракторе можно увеличить продолжительность экстракции для достижения требуемой концентрации сырого протеина в СБК. Внедренные на предприятии технологические инновации и тщательный контроль качества сырья позволяют выпускать СБК с содержанием сырого протеина не менее 65% (на а.с.в.) при использовании в качестве сырья тостированного соевого шрота.

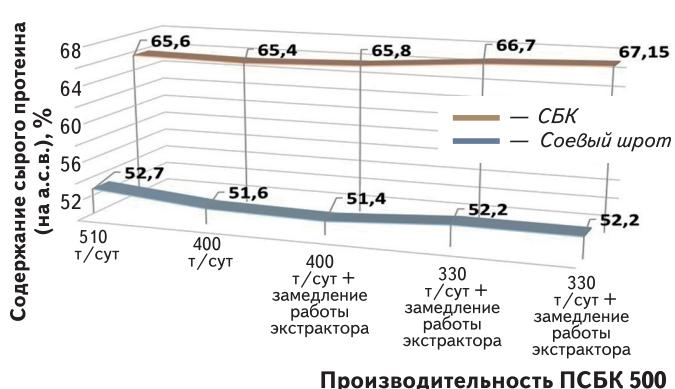


Рис. 7. Изменение содержания сырого протеина в СБК при сниженной производительности оборудования

### Характеристика соевого шрота для производства СБК

Показатель	Соевый шрот
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	10,0–12,0
Содержание сырого протеина, в пересчете на а.с.в., %, не менее	53,0
Массовая доля сырого жира, в пересчете на а.с.в., %, не более	1,5
Массовая доля сырой клетчатки, в пересчете на а.с.в., %, не более	4,5
Массовая доля общей золы, в пересчете на а.с.в., %, не более	6,75
Индекс дисперсности протеина, %, не менее	20,0
Активность уреазы, изменение pH за 30 мин	0,02–0,20
Температура, °C, не менее	10

### Литература

1. Mustakas, G. C. Flash desolventizing of defatted soybean meals washed with aqueous alcohol to yield a high protein product / G. C. Mustakas, L. D. Kirk, E. L. Griffin // J. Am. Oil Chem. Soc. — 1962. — V. 39. — P. 222–226.
2. Chajuss, D. Soy protein concentrate: technology, properties, and applications / D. Chajuss // Soybeans as functional foods and ingredients / ed. K. Liu. — Champaign, Illinois, USA : AOCS Press, 2004. — P. 132–144.
3. Peisker, M. Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition / M. Peisker // Feed manufacturing in the Mediterranean region. Improving safety: From feed to food / ed. J. Brufau. — Zaragoza : CIHEAM, 2001. — P. 103–107.
4. Исследование кинетики извлечения небелковых веществ из семян сои спиртовыми и водно-спиртовыми растворителями / В. Н. Марков [и др.] // Вестник ВНИИЖ. — 2017. — № 1–2. — С. 26–39.
5. Исследование технологических параметров процесса водно-спиртовой экстракции соевых шротов при получении концентратов соевого белка / М. Л. Доморощенкова [и др.] // Вестник ВНИИЖ. — 2017. — № 1–2. — С. 62–69.
6. Технологическое обеспечение получения высокопротеинового шрота при комплексной переработке семян сои / Д. А. Титов [и др.] // Вестник ВНИИЖ. — 2010. — № 1. — С. 11–14. ■