



МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭНЕРГЕТИКА, ПЕРЕРАБОТКА И ХРАНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В.А. Шаршунов, член-корреспондент ААН РБ, доктор технических наук

Высший аттестационный комитет Республики Беларусь

А.В. Червяков, кандидат технических наук

С.И. Козлов, С.В. Курзенков, А.А. Радченко, А.В. Талалуев,

В.А. Иванов, О.В. Понталев, аспиранты

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

С.Н. Кандауров, главный инженер

АО "Экомол"

УДК 636.085.55.002.2

Биохимические и биофизические предпосылки для внедрения технологий углубленной переработки сырья при производстве комбикормов

Повышение качества производства комбикормов в современных условиях должно основываться на разработке и внедрении новых технологий углубленной обработки фуражного зерна, что позволяет значительно повысить эффективность использования всего потенциала зерна, которое в нем заложена природой.

В статье приведен анализ изменений биохимического состава зерна злаковых и бобовых культур в результате воздействия на зерно различных факторов (температуры, давления и т.д.). Описаны антипитательные свойства зерна, сохраняющие широкое его использование в кормлении, а также предлагаются способы, позволяющие инактивировать данные антипитательные вещества.

Основным компонентом комбикормов является зерно и продукты его переработки. В зерне злаковых зерновых и бобах зернобобовых культур содержатся все вещества, необходимые для животных и птицы. Эти корма являются источником углеводов, белка, аминокислот, жиров, клетчатки, макро- и микроэлементов, связанных природой в единый сложный биохимический и биофизический комплекс со своими особенностями и защитными функциями от внешних воздействий любого типа. Для эффективного использования их кормового потенциала нужны технологии углубленной обработки, учитывающие особенности этих свойств питательных веществ [1].

Традиционные технологии производства комбикормов на большинстве предприятий основываются на процессах механического измельчения исходного растительного сырья, смешивания различных компонентов и, в лучшем случае, гранулирования кормосмеси. Они не отвечают крите-

The quality improvement of mixed fodder production under modern conditions should be based on the development and introduction of the new technologies of deepened grain storage processing, which allows significantly increasing the efficiency of usage of all natural grain potential.

The article provides the analysis of the biochemical content changes of the cereal and legume grains under the influence of different factors (temperature, pressure etc). Anti nutritional qualities of grain limiting its wide use in animal feeding have been described in the article. It also suggests the methods of inactivating the above mentioned anti nutritional substances.

риям максимальной эффективности производства комбикорма. Ведущие западные фирмы и предприятия комбикормовой промышленности стран СНГ ведут поиск способов эффективного разрушения барьеров, предусмотренных природой для защиты накопленных в семенах и зерне злаковых и зернобобовых культур запасов питательных веществ. Выбор методов эффективного разрушения таких барьеров и использования кормового потенциала фуражного зерна возможен на основе учета комплекса биохимических и биофизических особенностей отдельных видов исходного сырья.

Наибольшее использование в кормовых рационах животных и птицы в Республике Беларусь среди злаковых зерновых сегодня имеют ячмень, кукуруза, пшеница и рожь. Значительная концентрация легкопереваримых углеводов обеспечивает высокую питательность зерна злаковых — от 0,95 до 1,36 к.ед. в 1 кг. Основным источни-

ком углеводов является крахмал, которого в зерне злаковых содержится до 65% от общей массы. Крахмал требует соответствующей обработки для того, чтобы организм животных и птицы мог усваивать его углеводы. В зерне злаковых культур содержится также до 120 г сырого протеина, в том числе переваримого — до 75% от общего количества. Однако протеин зерна злаковых культур имеет низкую биологическую ценность. Для зерна злаковых культур характерно высокое содержание клетчатки. Ее наибольшее количество содержится в овсе (до 10% от общей массы). Без влаготепловой обработки клетчатка также не может быть использована организмом животных и птицы. Кроме того, эти корма имеют недостаток некоторых незаменимых аминокислот, особенно лизина /2/.

Бобы сои, гороха, люпина и вики по химическому составу существенно отличаются от зерна злаковых зерновых культур. Их кормовая ценность определяется высоким содержанием биологически полноценного протеина. По сравнению со злаковыми зерновыми в зерне бобовых культур содержится больше в 2-3 раза сырого протеина и в 3-5 раз лизина. В 1 кг бобов сои содержится значительное количество незаменимых аминокислот, в том числе 21-23 г лизина. Однако природой предусмотрен ряд защитных преград, без снятия которых или хотя бы существенного уменьшения их влияния на организм животных и птицы эти виды белка использовать нельзя. Такими барьерами являются антипитательные вещества, оказывающие без инактивации неблагоприятное влияние на организм животных и птицы. Семена зернобобовых культур имеют значительное содержание крахмала. Кроме того, в сое содержится до 17% жира, который без предварительной высокотемпературной обработки оказывает отрицательное воздействие на переваримость кормов.

Продукты переработки перерабатывающей промышленности — жмыхи и шроты. Жмыхи получают из семян масличных культур путем отжима на прессах масла, а шроты — при экстрагировании масла из семян органическими растворителями. Это — высокобелковые кормовые средства в готовом виде. Используются они в качестве компонентов комбикормов, так как являются высокобелковыми кормовыми продуктами, получаемыми из семян масличных растений. Другие продукты переработки, остающиеся после удаления масла из семян масличных культур и его очистки, практически не используются и являются отходами производства, идущими на утилизацию, хотя по содержанию питательных веществ они имеют значительную кормовую ценность. Поэтому разработка технологий их использования на кормовые цели актуальна на данном этапе развития АПК.

Крахмал в зерне и бобах содержится на клеточном уровне в виде крахмальных зерен, а белок — в виде белковых тел (алеироновых зерен). При этом для разных видов культур формы и размеры как крахмальных зерен, так и белковых тел весьма отличаются друг от друга. Оба вида частей клетки имеют свои границы оболочки-мембраны и общую мембрану, окружающую клетку. Эти природные барьеры охраняют их от внешних физических и химических воздействий, в том числе плохо пропускают желудочные соки в кишечнич-

пищевом тракте животных и птицы и, следовательно, недостаточно перевариваются.

В естественном виде крахмал состоит из двух видов полисахароидов: амилозы и амилопектина /3/. Амилоза легко растворяется в жидких средах, в том числе в воде, а амилопектин относится к плохо усвояемым соединениям, на растворимость которых существенное значение оказывает температура нагрева и давление. При незначительном их воздействии амилопектин образует вязкие растворы. В естественном виде в крахмале содержится до 80% амилопектина. Отсюда переваримость крахмала в необработанном зерне и продуктах его измельчения составляет всего 20-25%. При термообработке исходного сырья за счет мгновенного испарения влаги и возникновения значительного внутриклеточного давления от образовавшегося пара происходит разрыв природных связей внутри клетки и разрушение ее мембран. Это способствует воздействию фермента амилазы в кишечнично-пищевом тракте животных и птицы на амилопектин и его гидролитическому расщеплению на более простые углеводы в виде декстринов и глюкозы, т.е. происходит желатинизация крахмала или его декстринизация на более простые составляющие. Особенно важна тепловая обработка для ржи, так как в ней содержится значительное количество труднопереваримых полисахароидов, которые обладают способностью удерживать влагу и набухать, образуя гелеобразную вязкую слизь в тонкой кишке пищевого тракта животных и птицы. Это приводит к повышению в целом вязкости корма и препятствует его проходимости в пищевом тракте. Установлено, что тепловая обработка зерна ржи существенно улучшает переваримость этих полисахароидов и снижает их негативное воздействие на пищеварение.

Белки в семенах откладываются в запас в специализированных субклеточных формах — белковых телах, среди которых различают кристаллоидные и глобулоидные образования, а также аморфную часть /4/. При воздействии тепла и давления происходит разрушение мембран белковых тел и преобразование значительной части белков исходных форм в целочнорастворимые аминокислоты, т.е. происходит денатурация белка. Сама же денатурация белка основана на разрушении водородно-ионных и ковалентных связей на клеточном уровне и снижении водоотталкивающего эффекта белковых тел. Установлено, что денатурация белка наступает при температуре выше 55-60 °С и при ее повышении до 85-90 °С разрушается первичная структура белка, что способствует усвояемости продуктов распада /2/. Однако дальнейшее повышение температуры обработки семян бобовых культур приводит к разрушению четверичной структуры белка и получению продуктов его расщепления, плохо усваиваемых организмом животных и птицы. Особенно резко снижается переваримость у денатурированного глобулярного белка, которого в сое содержится до 55% от общего количества по массе. Степень денатурации белка может быть определена по количеству белка, растворимого в воде. Снижение его в сое до 15% свидетельствует о предельной денатурации. При температуре 200 °С происходит распад такой наиболее важной аминокислоты, как

лизин. На интенсивность распада белков при таких температурах существенно влияет длительность нагрева исходного сырья.

Бобы сои и зерно ржи имеют значительное количество таких антипитательных веществ, как фермент уреазы и ингибиторы трипсина, содержащихся на клеточном уровне в оболочках — мембранах. Эти вещества, попадая в желудочно-пищевую тракт животных и птицы, блокируют в нем активные центры внутренней секреции, выделяющие свои ферменты для пищеварения. Это приводит к подавлению ферментивного расщепления белка и уменьшает образование из него аминокислот. Организм животного при этом начинает использовать аминокислоты из ранее накопленных запасов. Отсюда — обратный эффект от кормления такими кормами, заключающийся в снижении продуктивности животных и птицы и в ухудшении их здоровья. В сое содержатся и другие антипитательные вещества: лектины, белок соин, гойтрогены, ферменты липоксидаза, аллантиназа и аминоксидаза, сапонины и генистин.

Наибольшей антипитательностью обладают ингибиторы трипсина. Их содержание может составлять в сое до 3% от общей массы. Крайне важно учитывать их наличие при кормлении молодняка животных, особенно свиней. Комбикорм с высоким содержанием ингибиторов трипсина вообще нельзя скармливать молодняку свиней в возрасте до 40 дней, так как в их пищевом тракте отсутствует соляная кислота, способная в некоторой степени подавлять отрицательное воздействие этих веществ. У взрослых особей инактивация действия ингибиторов трипсина происходит за счет активизации выделения в центрах секреции гормонов. К таким гормонам относится холинэстераза — панкреозимин, который стимулирует поджелудочную железу на выработку пищевых ферментов: химо-трипсина, амилазы и эластазы. Это ведет к нарушению функций поджелудочной железы, а в итоге к ее гипертрофии и ухудшению обмена веществ в организме животных и птицы.

В сое следующим по антипитательности является фермент уреазы, содержание которого в другом фуражном сырье для комбикормов значительно ниже. Уреазы относятся к амидазам, которые разлагают мочевины, получаемую при расщеплении белка и аминокислот, на аммиак и углекислый газ. Это может привести к отравлению организма продуктами распада мочевины, а чаще всего к снижению продуктивности животных и птицы и к их заболеваниям. Как свидетельствует опыт ряда животноводческих ферм и комплексов республики, кормление животных и птицы комбикормами с плохо обработанной соей является основной причиной их заболеваний. При изучении ситуации в связи с болезнями животных и птицы следует начинать с оценки активности уреазы в комбикорме и принять меры по улучшению качества обработки соевого сырья на комбикормовых предприятиях.

Тепловая обработка сои приводит к распаду уреазы и значительному снижению содержания ингибиторов трипсина. При достижении температуры до 120 °С происходит практически полная инактивация уреазы. Однако стремиться к полной инактивации уреазы не следует. Согласно рекомендациям ВНИИКП необходимо

обеспечивать режим обработки, который не позволяет получить снижение активности ниже 0,1 рН единиц. Снижение активности уреазы приведет к потерям доступности аминокислот для организма животных и птицы, прежде всего лизина и аргинина. Оптимальными считаются режимы, когда активность уреазы после тепловой обработки сырья будет находиться в пределах 0,15–0,20 рН, а переваримость протеина — 85–90%. По активности уреазы можно косвенно судить об активности ингибиторов трипсина, хотя скорость их распада различна. По данным ВНИИКП [5], при температуре 120 °С в сое может содержаться его до 3,5 мг/г при первичном содержании 20,7 мг/г. На активность ингибиторов трипсина в сое существенно влияет длительность периода тепловой обработки. Сторонники применения эффекта “теплого взрыва” считают длительность периода обработки 10–15 с достаточной, хотя J.J. Rackis и другие считают оптимальной обработку в течение периода не менее 10 мин.

Среди других антипитательных веществ, имеющих также белковую природу, особое место принадлежит лектинам, которые входят в группу фитогемагглютинов. В сое может содержаться этих веществ до 3%. Их роль в физиологии растений чрезвычайно высока. Лектины в качестве антител противостоят почвенным и воздушным бактериям. Они стимулируют образование в растениях мультиэнзимных комплексов, играющих значительную роль в образовании и развитии клеток. Токсическое воздействие лектинов на организм животных и птицы связано с противодвижением всасыванием через стенки пищевого тракта питательных веществ из-за отрицательного воздействия на рецепторы мембранной поверхности клеток их эпителия. Лектины оказывают также существенное воздействие на красные кровяные тельца в крови животных, что снижает их защитные функции. Тепловая обработка значительно понижает активность такого действия лектинов, расщепляя их на более простые компоненты.

Тепловая обработка значительно нейтрализует и такое антипитательное вещество, как белок соин. Его содержание в сое может достигать до 5%. Соин снижает доступность для организма животных таких микроэлементов, как цинк, марганец, медь и железо, являясь металлосвязующим компонентом. Основная причина такого действия состоит в наличии фитиновой кислоты, которая вступает в соединение с ионами металлов. Соин снижает аппетит животных и затрудняет усвояемость минеральных добавок с микроэлементами. Высокотемпературная тепловая обработка приводит к его расщеплению на более простые составляющие.

Тепловая обработка инактивирует антигормональные вещества, к которым относятся гойтрогены. Они являются антигормонами щитовидной железы и вызывают нарушение белкового обмена в организме животных. Отсюда — нарушение плодовитости животных, отеки различных частей тела и т.д. Под действием тепла инактивируются ферменты липоксидаза (липоксигеназа), аллантиназа и аминоксидаза, которые оказывают отрицательное влияние на переваримость корма. Фермент липоксидаза уско-

ряет окисление кислородом ненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот, каротина и некоторых жирорастворимых витаминов [3]. Этот фермент наиболее активен из данной группы веществ. Фермент аллантоиназа проявляет свое действие при хранении сои в условиях повышения температуры выше 50-55 °С и влажности выше 12%. При этом происходит гидролиз нуклеиновых кислот с образованием в конечном итоге под воздействием аллантоиназы мочевины и глиоксиловой кислоты. Мочевина, как уже отмечалось выше, при воздействии урезывается на аммиак и углекислый газ, угнетающе действующих на пищеварение животных. Фермент аминоксидаза проявляется при прорастании сои, когда происходит расщепление аминокислот, особенно лизина и аргинина, с образованием группы аминов. В результате распада аминов выделяются ядовитые продукты, среди которых особенно следует обращать внимание на алкалоиды.

В сое содержатся также и вещества, на которые тепловая обработка практически не влияет. Поэтому содержание этих веществ должно контролироваться и не превышать допустимые нормативными документами требования по их содержанию в сырье. К ним относятся сапонины и стероидные алкалоиды, среди которых наиболее активен генистин. Их содержание может составлять до 0,5%. Сапонины придают корму горький вкус и вызывают растворение кровяных телец. Генистин отрицательно влияет на рост и продуктивность животных и птицы, способствует развитию рахита, влияя на содержание в костях кальция. Особенно чувствительны к нему индейки.

Масличные культуры и соя содержат значительное количество жиров, что ограничивает их использование в качестве компонентов для производства комбикормов, особенно в необработанном виде. Избыточное наличие масел в кормах может привести к ожирению печени животных, замедлению их роста и снижению продуктивности. Это происходит из-за нарушения пищеварения и снижения скорости всасывания в пищевом тракте животных и птицы питательных веществ в растворенном виде, особенно углеводов. Основу жиров семян бобовых и масличных культур составляют липиды (нейтральные липиды, фосфолипиды и гликолипиды), которые способны образовывать токсичные соединения. Именно эти соединения ограничивают использование в комбикормах семян сои, рапса и других подобных культур, особенно в необработанном виде. Из липидов образуются в результате окислительных процессов при нагревании в аэробных условиях летучие и нелетучие соединения. Продукты распада не проявляются в обычных условиях без нагрева сырья. При распаде липидов образующиеся продукты их окисления взаимодействуют с белками, углеводами, минеральными веществами и витаминами, что в свою очередь ведет к выделению токсичных соединений. Первым признаком окислительного распада липидов является появление в кормах, богатых белком, привкуса разных оттенков.

Именно наличие масла в рапсе не позволяет широко использовать его при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. В семенах рапса его содержится до 40%. Кроме того, этой культуре присуще наличие и других токсичных соединений. Среди них основными яв-

ляются глюкозины, из которых наибольшее значение имеет проугатрин. Сами глюкозины не представляют в естественном виде опасность. Однако в семенах рапса присутствует фермент мирозиназа. При его воздействии глюкозины расщепляются с образованием группы токсичных веществ, подавляющих функции щитовидной железы из-за связывания йода. Это ведет к образованию так называемого зоба. Среди этих веществ наибольшей токсичностью обладает изотиоционат.

В семенах рапса также содержатся изотиоционаты (горчичные масла), придающие муке горький вкус, вызывающий неприятные ощущения в полости рта. Следующим по токсичности является синапин, относящийся к сложным ароматическим эфирам холина. В кишечнике птицы он может преобразоваться в триметиламин, придающий яйцам специфический привкус.

Рапс, как и другие крестоцветные культуры (горчица, сурепка и редька масличная), содержит гликозиды: синигрин, синальбин, гликонопин и другие подобные соединения. Гликозиды разрушают слизистую оболочку пищеварительного тракта животных, а вдыхание их паров приводит к разрушению слизистых частей легочной ткани.

Еще одним антипитательным веществом в семенах рапса является эруковая кислота. Однако при выделении масла она, как и кротоновая кислота, удаляется из остающегося продукта — шрота.

Большинство антипитательных соединений рапса тепловой обработкой не может быть нейтрализовано. При этом полностью может быть устранено действие только фермента мирозиназы и удаляется летучая фракция изотиоцианатов, что устраняет горький привкус. Безусловно, это является положительным фактором, однако при этом надо учитывать всю совокупность влияния других антипитательных веществ и соединений. При нагреве до температуры 100 °С содержание глюкозинов может быть снижено на 20-25% [4]. Согласно нормам Российской Федерации в рапсовом шроте содержание глюкозинов не должно превышать 0,8%.

В Республике Беларусь возделыванию льна уделяется большое внимание. Эта культура позволяет производить значительные объемы льняного шрота, который является отличным белковым кормом для крупного рогатого скота. В нем содержится достаточно большое количество серосодержащих аминокислот, особенно лизина. Однако при использовании льняного шрота необходимо соблюдать определенные меры предосторожности. Незрелые семена льна содержат в большом количестве цианогенный гликозид линамарин и сопутствующий ему фермент линазу, который способен гидролизовать линамарин с выделением синильной кислоты. При соблюдении технологического процесса по нагреву семян при извлечении масла из семян льна фермент линаза и значительная часть линамарина разрушаются и получаемый в этих условиях шрот безопасен для организма животных. Если же извлечение масла из незрелых семян происходит при низкой температуре, линамарин и линаза остаются в шротах. Это может вызвать отравление нежвачных животных. Для крупного рогатого скота в небольших количествах

синильная кислота, образующаяся под действием линазы, всасывается в кровь очень медленно и обезвреживается в печени животных, практически не оказывая влияния на организм.

Люпин и некоторые другие зернобобовые культуры содержат в семенах алкалоиды, имеющие антипитательные свойства. В небольших количествах алкалоиды оказывают лечебное воздействие. При превышении допустимых норм они имеют повышенную токсичность, приводящую к появлению признаков паралича отдельных органов и даже к летальным исходам у животных и птицы. Алкалоиды — это группа азотсодержащих органических гетероциклических веществ, имеющих щелочные свойства. Наиболее часто встречаются и имеют существенное значение в семенах люпина следующие разновидности алкалоидов: лупинин, лупанин, спартеин и гидроксилупинин, а также их соли — солянокислый лупанин, солянокислый спартеин и солянокислый гидроксилупинин. Азот в молекулах алкалоидов содержится в третичной форме, т.е. он не связан с атомами водорода. С кислотами алкалоиды образуют соли. Алкалоиды хорошо растворяются во многих органических растворителях: хлороформе, эфире и других. В воде они практически не растворяются, что делает вымачивание в ней неэффективным. Алкалоиды практически не разрушаются под воздействием тепла. Это было убедительно доказано в исследованиях, проведенных на АО “Экомол” [6]. На корм животным могут быть использованы только безалкалоидные сорта этой культуры. Содержащиеся алкалоиды в семенах люпина не должны превышать уровня 0,2%. В многочисленных исследованиях подтверждается положительный эффект от теплового воздействия на декстринизацию крахмала и на денатурацию белков, а также на инактивацию других имеющихся антипитательных веществ в семенах люпина. Таким образом, люпину характерны все положительные изменения, проявляющиеся при высокотемпературной обработке фуражного сырья, как и любой другой зернобобовой культуре.

Алкалоиды, содержащиеся в спорынье ржи, имеют несколько другую структуру, что обуславливает более эффективное воздействие тепла на их расщепление, чем у люпинов. Наличие в спорынье ржи алкалоидов достигает 0,05-0,08% от сухого вещества. Содержание в зерне ржи спорыньи свыше 0,2% считается опасным и ввод такого зерна в комбикорм ограничен, особенно предназначенный для кормления молодняка животных. В пораженных спорыньей колосьях вместо части зерен развиваются особые рожки, представляющие собой склеропии — грибицу. В этих рожках содержатся три группы ядовитых веществ. Это — наиболее токсичные алкалоиды: эрготаксин, эрготамин и эргозин и менее токсичные — эргобазин (эргометрин) и его изомер — эргометринин. Третью группу составляют тирамин и гистамин. Основной составляющей алкалоидов спорыньи ржи является лизергиновая кислота и её изомер — изолизергиновая кислота. Она представляет собой производные индола, синтезируемые в мицелии спорыньи из триптофана и мевалоновой кислоты. Соединясь с одной или несколькими аминокислотами и аминок-

пиртами, лизергиновая кислота образует тот или иной вид алкалоидов.

Установлено, что сама спорынья физиологически малоактивна. Однако ряд её производных обладает высокой активностью. Попадая в организм животного, алкалоиды вызывают сужение кровеносных сосудов, что нарушает снабжение отдельных органов кровью. Это в свою очередь приводит к снижению продуктивности животных и даже иногда к случаям паралича конечностей, а также к абортам у маточного поголовья. Установлено, что ядовитые свойства спорыньи постепенно при хранении ослабевают. На активность алкалоидов спорыньи ржи влияет тепловая обработка, однако полностью нейтрализовать их она не в состоянии из-за специфики свойств.

В зерне также много содержится клетчатки, которая без специальной обработки практически не используется как питательная часть продукта. Под воздействием тепла, давления и влаги значительная часть целлюлозно-лигнинных образований клетчатки зерна может подвергаться внутренней деструкции. При этом из них выделяется группа углеводов и сахаров, доступных организму животных [2].

Общезвестно, что зерно содержит на своей поверхности большое количество различных микроорганизмов и бактерий, в том числе и болезнетворных. Высокотемпературная обработка теплом — это надежный способ стерилизации продукции и защиты организма животных и птицы от действия патогенной микрофлоры.

Таким образом, анализ биохимических и биофизических предпосылок позволяет сделать вывод, что традиционные технологии фуражного зерна при производстве комбикормов не могут в полной мере использовать его кормовой потенциал, заложенный природой. Природа отработала в ходе эволюционного развития растительного мира защитные барьеры, которые можно преодолеть, используя только эффективные методы обработки. За счет статического и динамического воздействия внешнего и внутреннего давления на клеточном и молекулярном уровнях, интенсивного нагрева, осмоса и других факторов отрицательное воздействие защитных барьеров может быть в значительной степени преодолено. При этом наблюдается декстринизация крахмала, денатурация белков, деструкция целлюлозно-лигнинных образований, стерилизация продукции от большинства вредных микроорганизмов и бактерий. В результате применения технологий углубленной обработки зерна может быть получен конечный продукт с микропористой структурой, наиболее благоприятной для воздействия желудочного сока в пищевом тракте животных и птицы. Установлено, что за счет небольших дополнительных затрат энергии и некоторого усложнения технологического процесса обработки исходного сырья может быть сэкономлено до 10-15% фуражного зерна.

Проведенные сотрудниками БГСХА, ООО “Белта плюс” и АО “Экомол” исследования различных вариантов технологий углубленной обработки фуражного зерна позволили выделить три перспективных направления их совершенствования [7]:

- декстринизация (термовструирование) зернобобовых и зерновых культур в газоздушном потоке за счет интенсивного подвода тепла в зерно и его теплового взрыва;

- экспандирование смесей зерна с минеральными добавками различных видов, а также сводом как растительных масел, так и отходов переработки масличных культур и сои;

- влаготермическая обработка фуражного зерна в скоростных кондиционерах с последующим площением в хлопья.

Эти направления совершенствования технологий отвечают требованиям не только улучшения обработки фуражного зерна, повышения его питательности и усвояемости в организме животных и птицы, но и поточности и непрерывности процесса, обеспечения требуемой производительности оборудования, простоты конструктивно-технологических схем линий и самих цехов кормоперерабатывающего предприятия.

Термодекстринизация зерна методом “взрыва” основана на сверхинтенсивном подводе тепла к зерну, что приводит к мгновенному испарению имеющейся в нем перегретой влаги. Получающийся при этом пар внутри зерна не может свободно выйти в течение небольшого промежутка времени за его пределы и обеспечивает внутренний взрыв всех имеющихся оболочек — мембран на клеточном и межклеточном уровне. Эта технология имеет много разновидностей. В известных в Республике Беларусь конструкциях термовструеров, испытания которых прошли на АО “Экомол”, зерно питателем подается в поток теплоносителя, который затем разветвляется по двум разгонным трубам, направленным навстречу друг другу. После соударения струй газозвесь отводится по отводной трубе, расположенной под углом 90°, к следующему разгонному каналу. Далее газозвесь последовательно проходит через ряд аналогичных пар разгонных и отводных труб и поступает в устройство для отделения материала от газа.

Проведенные производственные испытания термовструеров этой конструкции позволили выявить основные недостатки [8]. К ним можно отнести:

- неравномерность обработки материала;
- высокое гидравлическое сопротивление при встрече струй противоположных направлений;
- наличие большого количества поворотов потока, что влечет повышенные энергетические затраты;
- невозможность регулировки времени и экспозиции термообработки материала;
- вероятность возникновения аварийной ситуации из-за перебора движения материала и последующего его возгорания;
- большие габариты установки, требующие выделения под оборудование значительных производственных площадей.

Для устранения вышеназванных недостатков сотрудниками БГСХА, ООО “Белама плюс” и АО “Экомол” предложены следующие изменения в конструкции установки:

- дополнительно к питателю установлено устройство в виде аэрожелоба, позволяющее устранить неравномер-

ность подачи и равномерно распределить материал по всему сечению трубопровода;

- встречноструйная организация потока заменена на прямоточную;

- регулирование временем обработки материала в потоке теплоносителя осуществляется с помощью тормозных устройств — завихрителей потока оригинальной конструкции. Установка таких тормозных устройств позволила обеспечить ступенчатую структуру трубопроводов, а следовательно, компактную их компоновку и удобство обслуживания каждой ступени.

Проведенные испытания опытных образцов подтвердили высокую эффективность работы оборудования.

В основе работы экспандеров, как и их прототипов экструдеров, лежит вначале механохимическая деструкция материала и “взрыв” или “декомпрессионный шок”, осуществляемые под воздействием деформативных нагрузок и тепла. Основные изменения происходят в рабочей зоне при быстром переносе материала из зоны высокого давления в 1,6-2,0 МПа в зоны с атмосферным давлением. Аккумулированная продуктом энергия освобождается со скоростью, равной скорости взрыва, и довершает структурные преобразования в материале: разрыв клеточных стенок-оболочек, деструкцию клетчатки и гидролиз белков. Основное отличие экспандеров от экструдеров состоит в том, что в них используется ввод пара и интенсивный подвод тепла извне. В экструдерах разогрев материала идет только за счет трения и высоких давлений (сухая экструзия). Это требует более высоких энергозатрат и более сложной и прочной конструкции оборудования. В БГСХА предложена и испытана новая конструкция экспандера [9]. Особенно эффективно использование экспандирования для обработки смесей фуражного зерна с минеральными добавками с вводом в них растительных масел и продуктов переработки масличных культур и сои.

Одним из перспективных направлений считается скоростное кондиционирование фуражного зерна с его последующим площением. В БГСХА и АО “Экомол” разработано усовершенствованное оборудование для этого процесса, позволяющее значительно интенсифицировать процесс отволаживания зерна [10].

Таким образом, применение технологий углубленной переработки фуражного зерна является перспективным направлением совершенствования производства комбикормов для животноводства и птицеводства и на нем должны быть сконцентрированы усилия ученых практиков. При этом будут обеспечены производство конкурентной животноводческой продукции и значительная экономия зерна на продовольственные цели.

Литература

1. Шаршунов В.А., Червяков А.В. Корма и кормовые добавки: Справочное пособие. – Минск: Экоперспектива, 2001. – 487 с.
2. Шеглов В.В., Боярский Л.Г. Корма. Приготовление, хранение, использование: Справочник. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 255 с.

3. Крстович В.Л. Основы биохимии растений. – Москва: Высш. школа, 1971. – 464 с.
4. Мироненко А.В. Биохимия лошади. – Минск: Наука и техника, 1975. – 312 с.
5. Чернышев Н.И., Панин И.Г. Компоненты комбикормов. – Воронеж: б/и, 2000. – 121 с.
6. Шаршунов В.А., Червяков А.В. Влияние способа обработки на содержание алкалоидов в семенах люпина // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 10. – С. 25-26.
7. Проблемы переработки фуражного зерна при производстве комбикормов и пути их решения Известия Бел. инж. акад. – 1999, № 2 (8), С. 6-9.
8. Термовструирование зернового сырья / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.И. Козлов и др. // Механизация и электрификация с. х. – 1999. – № 9. – С. 12-13.
9. Обоснование направления совершенствования технологии обработки зерна на основе “экструзии - экспансирования” / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.И. Козлов и др. // Вестн Акад. аграр. наук Республики Беларусь. – 2000, № 3, С. 93-98.
10. Шаршунов В.А., Кандауров С.Н. Технология производства хлопьев из зерна для молодняка свиней // Свиноводство. – 2000. – № 2. – С. 13-14.
11. Химия и биохимия бобовых растений / Пер. с англ. К.С. Спектрова; Под ред. М.Н. Запромстова. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 336 с.