

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНАКТИВАЦИИ АНТИПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В СОЕ

*В статье проанализированы способы и приведены результаты исследований по инактивации антипитательных веществ в сое озонированием и использованием полифермента для снижения уреазы и увеличения доли сахара в готовом корме на установке «УЖК-600».*

**Ключевые слова:** соя, антипитательные вещества, инактивация, ингибиторы, экструдация.

N.V. Tsuglenok, V.V. Matyushev,  
G.I. Tsuglenok, A.I. Khokhlova

## THE RESEARCH RESULTS ON THE ANTINUTRIENT INACTIVATION IN SOYA

The ways are analyzed and the research results on the antinutrient inactivation in soya by means of ozonization and polyenzyme use for urease decrease and sugar share increase in the ready forage on the UZhK-600 installation are given.

**Keywords:** soya, antinutrients, inactivation, inhibitors, extrudation.

---

Одной из важнейших задач предприятий, работающих в условиях рыночной экономики, является конкурентоспособность, стабильность высокого качества продукции, снижение себестоимости производства вследствие, прежде всего, энергетических и трудовых затрат. Рыночная экономика жестко диктует необходимость обновления ассортимента продуктов питания, богатых белками, исключая дорогостоящие. Уникальным сырьем для получения конкурентоспособных продуктов пищевого, кормового, лечебно-профилактического, парфюмерно-косметического и технического назначения являются семена сои.

В настоящее время в России имеются все необходимые предпосылки для наращивания производства соевого зерна. Успех зависит от того, насколько все стороны: сельхозпроизводители, поставщики материальных и технологических ресурсов, переработчики и другие смогут понять диктуемые рынком требования, скооперировать и объединить свои усилия. А общая конечная цель – достижение конкурентоспособности отечественных предприятий, занятых в производстве и переработке такой востребованной и ценной культуры, как соя.

В нашей стране производство белковых продуктов из семян сои невелико, получение отдельных видов продуктов практически отсутствует, а создание технологий новых белковых продуктов требует разработки эффективных приемов и способов, обеспечивающих экологически безопасное получение исходных белков с заданными функциональными свойствами [1].

Несмотря на высокие пищевые достоинства соевых бобов, они требуют специфической технологической обработки при использовании для пищевых и кормовых целей, так как в их составе находятся вещества, которые принято считать антипитательными компонентами пищи. Это ингибиторы протеаз, сапонины, танины, олигосахариды.

Наибольшее внимание заслуживают ингибиторы протеолитических ферментов – трипсина и химотрипсина. Условно принято три уровня ингибиторной активности: низкий – до 3 мг/г, средний – от 3,1 до 9 мг/г, высокий – от 9 до 30 мг/г. Соя относится к зерну с высоким уровнем трипсинингибиторной активности.

Присутствие ингибиторов трипсина в продуктах вызывает у человека и животных гипертрофию поджелудочной железы, задерживает рост, приводит к нехватке серосодержащих аминокислот. В семенах сои также содержится фермент уреазы. По своему химическому действию уреазы специфична, ее доля в сое составляет до 12% от всех белков [2].

Для инактивации антипитательных веществ необходима интенсивная обработка. По уровню активности уреазы можно судить о доле разрушения антипитательных компонентов семян сои. Глубину обработки согласно ГОСТ 12220-88 считают достаточной, если активность уреазы снижена до 0,1–0,2 рН. Для диетического питания в Санитарные нормы и правила введен допустимый уровень остаточной активности ингибиторов трипсина в соевых продуктах.

Существует множество способов инактивации антипитательных соединений соевых продуктов, которые сводятся к трем основным: физическим, биохимическим и комбинированным. При этом каждый инактивационный фактор избирательно действует на отдельное антипитательное вещество.

Из литературных источников известны способы инактивации антипитательных соединений соевых продуктов, такие как пропаривание, прожаривание, эструдирование, микронизация, СВЧ-обработка, влаготепловая обработка. И тем не менее, до настоящего времени нет единой точки зрения на эффективность того или иного способа инактивации антипитательных веществ [3, 4].

Классические методы снижения антипитательных веществ основаны на длительной высокотемпературной обработке соевых бобов, предварительно прошедших стадии увлажнения, измельчения, либо при использовании цельных бобов – процесс варки.

Данным способам присущи существенные недостатки, связанные, во-первых, с использованием парового хозяйства, и как следствие с большими энергозатратами и повышенными требованиями к безопасности производства, во-вторых, со снижением питательной ценности готового продукта.

Известен способ обработки полножирной сои. Семена сои промывают проточной водой. Затем их проращивают в водном растворе анолита в течение 3–5 суток. После этого проводят обработку раствором пропионовой кислоты, а также термическую обработку при температуре 55–65°C до влажности семян 8–12%. При этом анолит получают в анодной камере диафрагменного электролизера, обрабатывая воду постоянным электрическим током силой 3,0–5,0 А в течение 10–15 мин. Данный способ позволяет повысить эффективность получаемого растительного белка за счет снижения содержания антипитательных веществ в готовом продукте, снижения материальных затрат для приготовления полножирной сои и уменьшения времени ее обработки [5].

Известен способ, который может использоваться в кондитерской, мясомолочной и хлебопекарной промышленности, производстве комбикормов в качестве высокобелковых ингредиентов и самостоятельных продуктов в виде полножирной сои, содержащей значительное количество полноценного белка и масла, с большим количеством полиненасыщенных жирных кислот, не содержащей антипитательных веществ. Он включает замачивание бобов в водном растворе пищевой кислоты с pH 5,2–5,4, выдержку в течение 3 ч, термическую обработку в поле токов СВЧ удельной мощности 18–20 кВт/кг, частотой 2820–2850 МГц в течение 5–10 с и последующую экструзию при температуре 105–110°C. Способ инактивации антипитательных веществ бобов сои позволяет повысить качество соевых продуктов и их пищевой и кормовой ценности [6].

Исходя из вышеперечисленного, были проанализированы исследования по разработке рациональных технических решений, основанных на методе инфракрасной обработки сои, позволяющих получать продукт высокой биологической ценности и низким (допустимым) содержанием антипитательных веществ. В.Б. Стребков [7] разработал новый способ обработки соевых бобов на основе инфракрасного (ИК) энергоподвода, позволяющего получать продукты для пищевой и комбикормовой промышленности с высокими физико-химическими и функционально-технологическими свойствами.

В ходе работы были выявлены различия в характере термообработки злаковых и бобовых культур, заключающиеся в большей неравномерности прогрева сои в отличие от пшеницы при ИК-обработке сырья. Показано, что обработка соевых бобов на существующей ИК-установке УТЗ-4 не позволяет достичь требуемой средневзвешенной температуры без «обгорания» поверхности сырья, необходимой для снижения содержания антипитательных веществ сои до безопасного уровня. Включение в технологический процесс термообработки сои только стадии ИК-нагрева не позволяет снизить содержание уреазы до нормативного значения, поэтому предложена дополнительная стадия – темперирование и обоснована ее продолжительность. Установлено, что метод ИК-обработки соевых бобов является эффективным способом повышения микробиологической чистоты сырья, так как позволяет существенно снизить (в десятки раз) содержание в них посторонней микрофлоры.

Актуальными являются исследования направленные на снижение процессов окисления продуктов переработки сои при хранении.

При введении сои в комбикорма, в процессе хранения происходит окисление жиров и быстрая порча продукта [8]. Автором предлагается снизить процесс окисления жиров за счет введения бентонита, обладающего сорбционными и связывающими свойствами, что позволяет использовать его не только как минеральную добавку, но и в качестве сорбента. В связи с этим, разработка рецептуры комбикормов с включением сои, экструдированной с бентонитом, представляет не только научный, но и практический интерес.

При экструдировании соевых бобов снижается количество питательных и биологически активных веществ. Так, содержание сырого протеина в нативном состоянии было больше на 1,16%, чем в полножирной сое, подвергнутой экструзии, сырой клетчатки – на 17,95%, сырого жира – на 27,97 %. Активность уреазы соевых бобов составляла

на 2,10 pH больше, чем в экструдированной. При экструдировании сои с бентонитом снижается активность уреазы до 0,07–0,09 ед. pH.

При использовании 10% сои, экструдированной в комплексе с 2% бентонита, в рационах поросят-сосунков рентабельность возросла на 10,38% по сравнению с контролем, а у поросят-отъемышей – на 18%.

И тем не менее, до настоящего времени нет единой точки зрения на эффективность того или иного способа инактивации антипитательных веществ [9].

В Красноярском государственном аграрном университете были проведены исследования по совершенствованию технологии переработки сои. Объектами исследований являлись сорта сои, выращенные в 2009–2010 годах в учхозе Миндерлинское: Дина, Светлая, СИБНИИК-315.

Содержание сырого протеина определяли в лаборатории ФГУ «Красноярский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору» по ГОСТ 13496.4-93. Содержание жира, клетчатки, БЭВ определяли в Научно-исследовательском испытательном центре по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет» (жир – ГОСТ 29033-91, клетчатка – ГОСТ 52839, зола – ГОСТ 10847-74).

Содержание ОЭ в образцах сои урожая 2009 года составило: Светлая – 13,49 МДж/кг; Дина – 13,55 МДж/кг; СИБНИИК-315 – 13,69 МДж/кг. Содержание ОЭ в образцах сои урожая 2010 года составило: Светлая – 12,23 МДж/кг; Дина – 12,58 МДж/кг; СИБНИИК-315 – 13,08 МДж/кг. Содержание обменной энергии в сое урожая 2009 года выше, по сравнению с 2010 годом. Это связано, на наш взгляд, с тем, что сою выращивали на разных опытных участках.

Были определены также коэффициенты экологической безопасности в исследуемых образцах сои. Коэффициент экологической безопасности в сое не превышает МДУ, но в 2010 год в сортах Светлая, СИБНИИК-315 они выше по сравнению с 2009 годом при одновременном уменьшении содержания ОЭ. У сорта Дина коэффициент экологической безопасности за сравниваемый период изменился незначительно [10].

В КрасГАУ были проведены исследования влияния озона на активность ингибиторов трипсина и химотрипсина, содержащихся в сое, с помощью установки для озонирования сухосыпучих материалов [11].

Активность трипсинового ингибитора сои определялась по активности уреазы. Для оценки эффективности озонирования был выбран метод влаготепловой обработки. Результаты эксперимента показали, что после прохождения контактной камеры через одну минуту после начала обработки концентрация озона уменьшается почти вдвое – до 11 г/м<sup>3</sup>, затем начинает возрастать через 2 мин – 15 г/м<sup>3</sup>, через 3–18 г/м<sup>3</sup> и далее остается постоянной в течение всего времени опыта. Содержание уреазы заметно уменьшается после 10-минутной обработки, затем стабилизируется и вновь снижается после 30 мин озонирования. Можно предположить, что в процессе озонирования идет не только поверхностное окисление уреазы, но и образование пероксидов, которые, диффундируя в глубь боба, вызывают вторичные окислительные процессы.

Озонирование уступает влаготепловой обработке. Последняя действует по всему объему обрабатываемого материала, тогда как эффективность озонирования зависит от площади контакта. Поэтому представляет интерес изучение зависимости инактивации ингибиторов трипсина от степени дробления бобов сои при различных режимах озонирования.

В КрасГАУ были проведены поисковые исследования по снижению уреазы на установке «УЖК-600».

Установка «УЖК-600» [10] предназначена для приготовления жидких кормов для выращивания молодняка и добавочного питания взрослых животных. Основное назначение установки – приготовление высокоусваиваемых, эффективных жидких кормов и для разведения сухих продуктов в воде. Объем бака-смесителя «УЖК-600» – 600 л. Температура нагрева 50–80 °С. Время приготовления жидкого корма/патоки с учетом ферментации 1 ч/2 ч. Расход воды/сухих кормов 330 л/170 кг.

Установки «УЖК-600» позволяют получать жидкие кормосмеси, а также обогащать их различными добавками, ферментами, при внесении которых получается обогащенный сахаром корм, а при более длительном приготовлении – патока. Данная технология позволяет не только сохранять стабильные привесы, но и значительно их увеличить.

Корма можно готовить из различных смесей исходных продуктов:

- растительного происхождения (рожь, овес, ячмень, горох, пшеница, корнеплоды, жмых и т.д.);
- животного происхождения, микроэлементов, белковых, жировых, амидоминеральных (энергетических), витаминных и минеральных добавок.

В качестве исходного материала для наших исследований был взят скороспелый сорта Дина, выращенный в учхозе «Миндерлинское». При проведении исследований при смешивании сои с водой использовался фермент «Полифермент». Температура нагрева продукта составляла 50 °С.

Результаты эксперимента показали, что после прохождения обработки в установке массовая доля сахара увеличилась с 11,21 до 16 % ( в расчете на 1 кг СВ). Активность уреазы снизилась с 2,74 до 0,125 рН. Обменная энергия осталась без изменения и составляла 13,93 МДж/кг.

Таким образом, применение установки «УЖК-600» позволяет увеличить долю сахара в готовом продукте, снизить активность уреазы, получить значительный экономический эффект за счет использования сои в рационе животных.

### Литература

1. Егунов А.Г. Разработка технологии получения и рекомендаций по применению модифицированных соевых белков: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. – М.: РГБ, 2002.
2. Матюшев В.В., Хохлова А.И. Совершенствование технологического процесса переработки сои с использованием различных способов обработки ее семян // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. заочной науч. конф. (15 окт. 2010 г.). URL [http://www.kgau.ru/index.php?code=1\\_4\\_9\\_3](http://www.kgau.ru/index.php?code=1_4_9_3).
3. Абрамович З.Д. Производство соевой пищевой муки. – М., 1954.
4. Афанасьев В.А. Установка для приготовления кормов // Комбикорма. – № 2. – 2003.
5. Пат. 2283596 Российская Федерация, МПК A23L1/20. Способ обработки полножирной сои / Коцаев А.Г.; патентообладатель ФГОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет. – №2004135634/13; заявл. 06.12.2004; опубл. 20.09.2006.
6. Пат. 2358459 Российская Федерация, МПК A23L1/211. Способ инактивации антипитательных веществ бобов сои / Кулигин Е.К., Золочевский В.Т., Шведов И.В.; патентообладатель ООО фирма "Кубаньпластик". – №2007134871/13; заявл. 20.09.2007; опубл. 20.06.2009.
7. Стребков В.Б. Разработка нового способа обработки соевых бобов на основе инфракрасного энергоподвода. автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2008. – 25 с.
8. Колчин А.В. Использование сои, экструдированной с бентонитом, при выращивании молодняка свиней: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2007. – 19 с.
9. Столбовская А.А. Исследование и разработка автоматизированной системы управления процессом влаготепловой обработки сои с целью инактивации антипитательных веществ: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – М.: РГБ, 2005.
10. Хохлова А.И., Матюшев В.В. Результаты исследований по применению Полифермента для снижения уреазы и увеличения доли сахара в сое на установке «УЖК-600» // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2011. – № 2.
11. Установка для озонирования сухосыпучих материалов / С.Ю. Казаченко [и др.]. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2009. – С.184–188.

