

Активность уреазы в бобах сои и продуктах их переработки как показатель качества термической обработки

М. А. Суздальцева[✉], Н. Н. Дудкина¹, П. О. Бусыгин¹, А. В. Лысов¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований – на базе отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией провести мониторинговые исследования шрота соевого и сои полножирной от разных производителей на следующие показатели: активность уреазы, массовая доля растворимого протеина, поставить эксперимент по определению активности уреазы в сое кормовой полножирной; дать оценку качества термической обработки бобов сои и продуктов ее переработки, проанализировать стабильность параметра показателя уреазы в сое кормовой. **Методы.** Выполнение данных исследований проводили по ГОСТ 13979.9-69; ГОСТ 13979.3-68. **Результаты.** При статистической обработке полученных результатов анализов установлено, что за последние 5 лет активность уреазы находилась выше предельно допустимого значения в 33 % проб кормов. В некоторых пробах сои этот показатель был превышен в 2,6 раза, в экспериментальном образце сои – в 5,8 раза. Экспериментально было подтверждено, что данный показатель является стабильным параметром даже при длительном хранении. Дополнительно в пробах сои и шротов были проведены исследования суммарной массовой доли растворимых протеинов. Установили, что в 13 % проб сои и продуктов ее переработки растворимость протеина составила 68,20–74,50 %, что говорит о чрезмерной термической обработке данного сырья. По результатам проведенных исследований установлено, что данное кормовое сырье не всегда соответствовало заявленным требованиям. В связи с этим проведение вышеуказанных исследований необходимо для дальнейшего контроля технологического процесса. **Научная новизна.** Соя полножирная, шрот соевый, жмых соевый все чаще используют для приготовления комбикормов сельскохозяйственным животным, в том числе и птице. В связи с этим важным и актуальным остается вопрос полноценного контроля качества и безопасности данного кормового сырья.

Ключевые слова: стабильный параметр, бобы сои, активность уреазы, растворимый протеин, термическая обработка, показатель качества, показатель безопасности.

Для цитирования: Суздальцева М. А., Дудкина Н. Н., Бусыгин П. О., Лысов А. В. Активность уреазы в бобах сои и продуктах их переработки как показатель качества термической обработки // Аграрный вестник Урала. 2021. № 08 (211). С. 28–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-211-08-28-35.

Дата поступления статьи: 07.09.2020, **дата рецензирования:** 19.10.2020, **дата принятия:** 16.02.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В России для выращивания сои пригодна только 15 % засеваемой площади, поэтому она является дефицитным компонентом растительного происхождения, который используется в дальнейшем для повышения биологической ценности комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы [7, с. 82], [14].

Исследования, проведенные в Северной Каролине и Канаде с добавлением различных объемов полножирной сои в рацион для индеек, установили достоверный прирост живой массы в интервале с 1 по 4, с 5 по 12 и с 13 по 18 неделю жизни птицы [16]. Также доказано положительное влияние корма с содержанием полножирной экструдированной сои 2 и 5 % на продуктивность кур-несушек и качество яиц [11, с. 52], [12, с. 52, 53].

Немецкие ученые доказали, что прямое включение жирных кислот вызывает уменьшение их синтеза и увеличение доли доступной глюкозы, используемой для синтеза лактозы, и, как следствие, увеличение молочной продуктивности у коров [15, с. 1]. Также установлено, что процент и удельный вес молочного жира увеличивался, когда коровам давали сырье растительного происхождения [18, с. 208, 209], [20, с. 1968].

Американскими учеными получены данные, что введение 1,93 % масла из экструдированных или жареных соевых бобов в рацион молочных коров ранней лактации, помимо поддержания стабильного состава молока, помогает минимизировать концентрацию в рационе иных источников белка, таких как рыбная мука [19, с. 88, 89].

Уровень активности уреазы в контрольном образце сои кормовой

Год выборки	Активность уреазы, ед рН				Среднее, X [̄]
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	
2015 год	2,12	2,30	2,25	2,17	2,21
2016 год	2,22	2,14	2,11	2,19	2,17
2017 год	2,28	2,31	2,13	2,21	2,23
2018 год	2,18	2,16	2,28	2,24	2,22
2019 год	2,11	2,26	2,14	2,13	2,16

Table 1

The level of urease activity in the control sample of fodder soybeans

Sampling year	Urease activity, units pH				Average, X [̄]
	1 st quarter	2 nd quarter	3 rd quarter	4 th quarter	
2015	2.12	2.30	2.25	2.17	2.21
2016	2.22	2.14	2.11	2.19	2.17
2017	2.28	2.31	2.13	2.21	2.23
2018	2.18	2.16	2.28	2.24	2.22
2019	2.11	2.26	2.14	2.13	2.16

При анализе данные отечественных и зарубежных ученых становится очевидным, что качество экструдированной сои полножирной, шрота и жмыха соевого влияет не только на продуктивность сельскохозяйственных животных, птиц, но и на качественные характеристики продукции, которая поступает на стол конечного потребителя [12, с. 52, 53], [17, с. 239, 240].

На сегодняшний день в Российской Федерации производство кормовых соевых жмыхов и шротов регламентируется двумя стандартами^{1,2}. Необходимо отметить, что высокую питательность соя кормовая приобретает после тепловой обработки, в процессе которой в ней разрушаются такие вещества, как соин, уреазы, липоксидаза, ингибитор трипсина. Для оценки содержания этих антипитательных веществ в бобах сои и продуктах ее переработки как результата эффективности термической обработки применяют показатель – активность фермента уреазы [5, с. 107, 108], [8], [9, с. 10].

Маркерным показателем качества и безопасности термической обработки сои и продуктов ее переработки является активность уреазы (рН 0,02–0,2 для шрота соевого, 0,1–0,3 для жмыха соевого и 0,3–0,4 для полножирной сои). Верхний предел диапазона показателя активности уреазы является достаточно чувствительным индикатором безопасности кормового сырья растительного происхождения и аналитическим инструментом контроля недостаточной степени термической обработки. Нижний предел диапазона активности уреазы не влияет на безопасность продукта, но может свидетельствовать об его избыточной тепловой обработке [4, с. 94, 95], [13, с. 34, 35]. Кроме активности уреазы, для более достоверного определения качества и результата тостирования необходимо дополнительно проводить исследование суммарной массовой доли растворимого протеина [2, с. 107, 108], [10].

¹ ГОСТ 27149-95. Жмых соевый кормовой. Технические условия. Минск: межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2018, 5 с.

² ГОСТ 53799-2010. Шрот соевый кормовой тостированный. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2010, 8 с.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на базе отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в течение 2015–2019 гг. За этот период было проанализировано 128 продуктов переработки бобов сои от разных производителей на активность уреазы. Выборочно в данных пробах были выполнены исследования суммарной массовой доли растворимых протеинов. Также проводили определение стабильности показателя уреазы в образце сои кормовой на протяжении всего периода эксперимента. Более 90 % проб поступало на лабораторные исследования от отечественных производителей, остальное сырье импортного производства – из Казахстана и Китая.

Отбор и подготовку проб кормов и сырья осуществляли по ГОСТ 13979.0-86 «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Правила приемки и методы отбора проб» и ГОСТ ISO 6498-2014 «Корма, комбикорма. Подготовка проб для испытаний». Активность уреазы определяли в соответствии с ГОСТ 13979.9-69. Суммарную массовую долю растворимых протеинов исследовали по ГОСТ 13979.3-68. При проведении данных исследований использовали следующее оборудование: весы МВ 210-А, иономер «Анион 4101», термометр жидкостный стеклянный, секундомер механический СОП пр-2ф-3, лабораторная мельница «Вьюга ЗМТ».

Цель исследования – оценить качество термической обработки бобов сои и продуктов ее переработки на основе определения активности уреазы и растворимости протеина; изучить стабильность показателя уреазы в сое экструдированной кормовой полножирной.

Результаты (Results)

Экспериментальное исследование проводили в течение пяти лет, так как необходимо было установить диапазон изменений значения активности уреазы. На основании результатов лабораторного исследования было подтверждено, что показатель активности

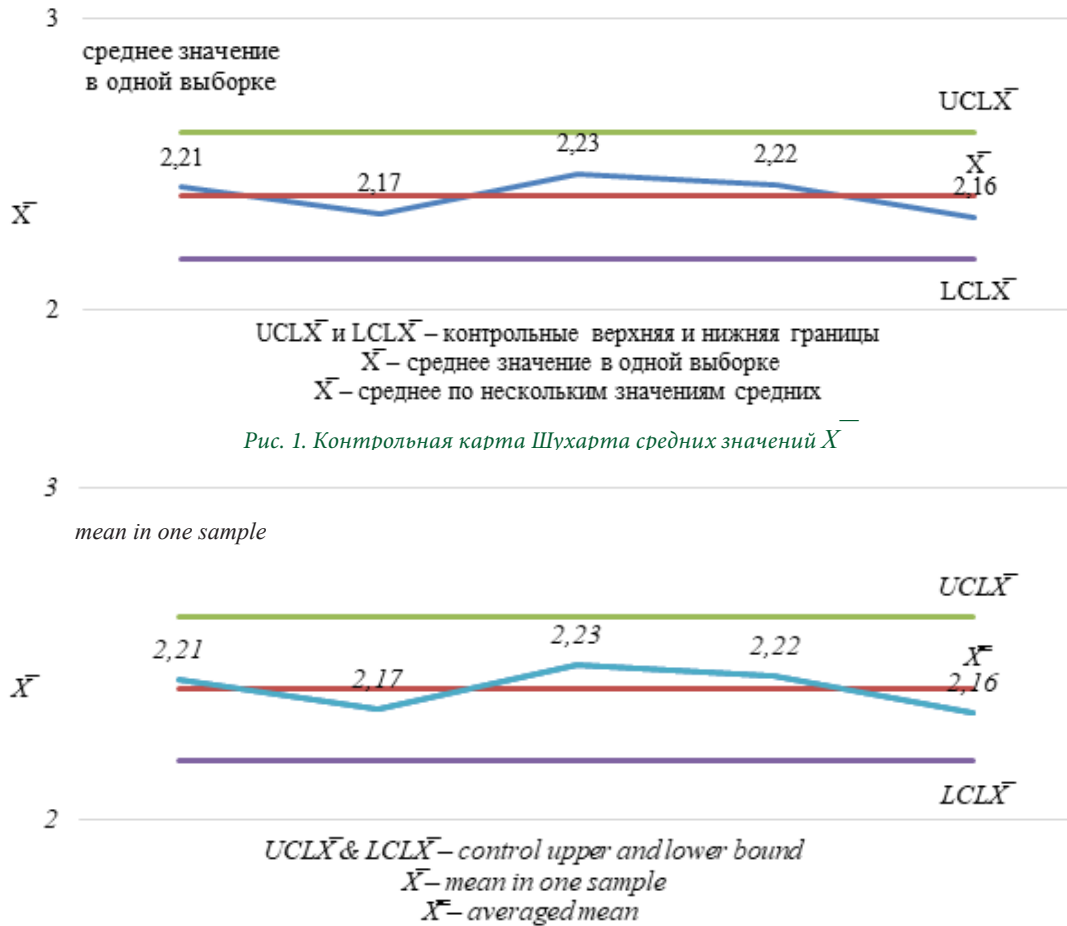


Fig. 1. Shewhart control chart of mean values \bar{X}

уреазы относится к стабильному параметру даже при таком длительном хранении. По данным, представленным в таблице 1, построен график значения стабильности активности уреазы сои кормовой в виде контрольной карты Шухарта. Из таблицы 1, а также на контрольной карте средних значений мы видим, что содержание фермента в контрольном образце сои кормовой не менялось в течение длительного периода времени (пяти лет) и находилось в диапазоне от 2,11 до 2,31 ед. рН.

При проведении данного лабораторного эксперимента были соблюдены все правила хранения образца.

Из представленных данных (рис. 2, 3) видно, что за период с 2015 по 2019 гг. было выявлено 18 % проб сои полножирной и продуктов ее переработки с повышенным содержанием уреазы, а в 15 % проб шрота соевого уровень уреазной активности находился на верхней границе нормативного значения. Уреазный тест сои кормовой, муки соевой, шрота соевого показал высокий уровень активности от 0,47 до 1,33 ед. рН; в шроте соевом данный показатель достиг пика верхнего нормативного значения – 0,2 ед. рН, что является критическим значением, а это, в свою очередь, влияет на усвоение корма и может вызывать диспептические расстройства у сельскохозяйственных животных [1, с. 80], [6]. В отдельных пробах сои кормовой уровень активности уреазы был превышен

в 2,6 раза. А это приводит к снижению качественных характеристик корма, в результате чего уменьшается усвоение животными белка и аминокислот. Также в 18 % проб шрота соевого и жмыха подсолнечного было обнаружено низкое значение активности уреазы (0,01–0,04 ед. рН). Данные изменения не всегда свидетельствуют о чрезмерной термической обработке, но может привести к снижению переваримости (растворимости) белка и, соответственно, к снижению питательности корма [8, с. 31, 32]. Поэтому желательным дополнительно определять в сое и продуктах ее переработки суммарную массовую долю растворимого протеина к общему содержанию сырого протеина (растворимость протеина) для наиболее полной оценки качества и результата тостирования, экструдирования и другого воздействия.

Из таблицы 3 можно сделать вывод, что пробы сои кормовой полножирной экструдированной и шрота соевого не всегда подвергались качественной термической обработке. Чрезмерно термически обработано было 22 % проб сои кормовой. В шроте соевом избыточного термического воздействия не наблюдалось. Удовлетворительное и недостаточное высокотемпературное воздействие наблюдалось в пробах как сои кормовой, так и шрота соевого. Для качественных продуктов переработки сои характерной является растворимость протеина 79–85 % [17], [21, с. 1970]. Таких проб было выявлено 40 %.



Рис. 2. Уровень активности уреазы в сое полножирной

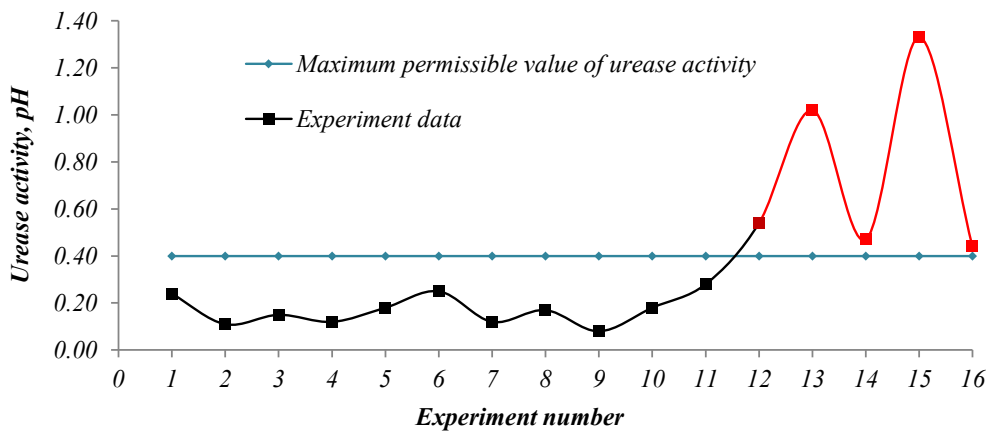


Fig. 2. The level of urease activity in full fat soybeans

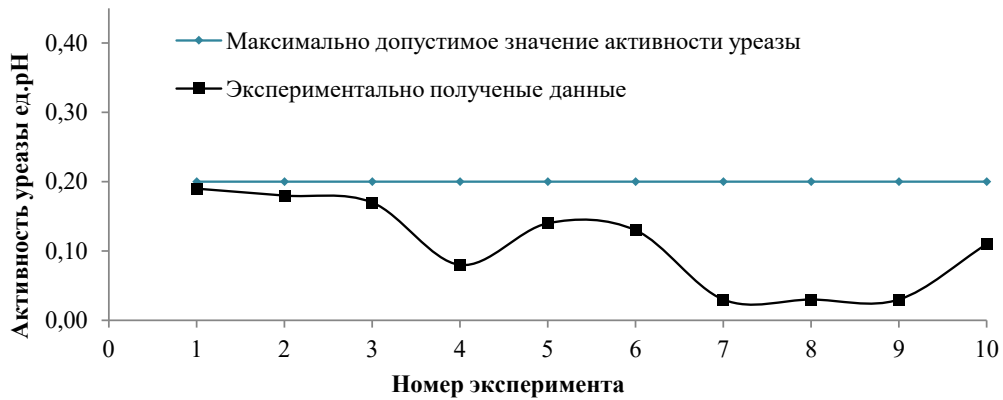


Рис. 3. Уровень активности уреазы в шроте соевом

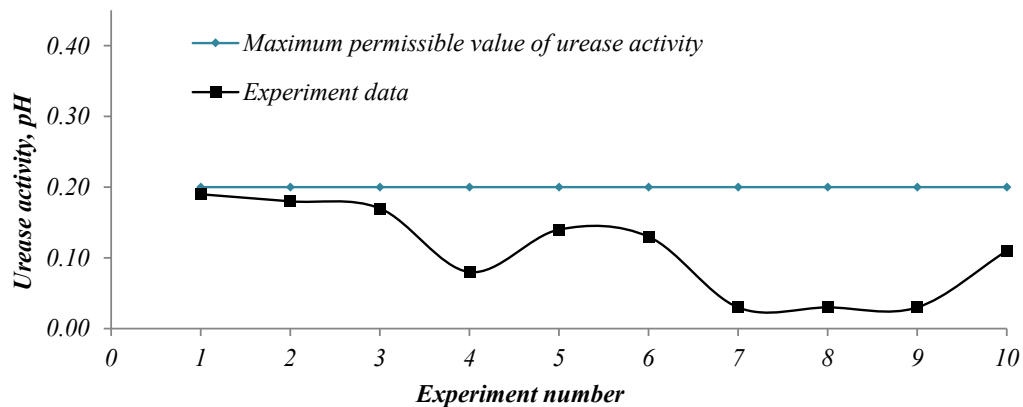


Fig. 3. The level of urease activity in soybean meal

Таблица 2

Уровень уреазной активности в кормовом сырье для сельскохозяйственных животных

Вид кормового сырья	Значение активности уреазы, ед рН, $\bar{X} \pm SD$	Количество нестандартных проб или находящихся на верхней границе нормативного значения, %
Соя кормовая	0,355 ± 0,352	18
Шрот соевый	0,109 ± 0,063	15

Table 2

The level of urease activity in feed raw materials for farm animals.

Type of raw materials for compound feed	Urease activity value, units pH, $\bar{X} \pm SD$	The number of non-standard samples or those at the upper limit of the standard value, %
Soybean fodder	0.355 ± 0.352	18
Soybean meal	0.109 ± 0.063	15

Таблица 3

Результаты оценки качества термической обработки в пробах кормового сырья

Вид кормового сырья	Виды термической обработки сырья, % проб			
	Качественная	Удовлетворительная	Недостаточная	Чрезмерная
Соя кормовая	44	11	23	22
Шрот соевый	33	33	34	0

Table 3

The results of assessing the quality of heat treatment in samples of feed raw materials

Type of raw materials for compound feed	Types of heat treatment of raw materials, % of samples			
	High quality	Satisfactory	Insufficient	Excessive
Soybean fodder	44	11	23	22
Soybean meal	33	33	34	0

Удовлетворительное качество термической обработки сои и шрота соевого обнаружено в 20 % проб. Растворимость протеина в 27 % проб сои полножирной, шрота соевого оказалась выше 90 %, что является результатом недостаточного термического воздействия на соевые продукты. Чрезмерное термическое воздействие на сою и продукты ее переработки наблюдалось в 13 % проб. Доказано, что чрезмерное или недостаточное термическое воздействие на продукты соевого происхождения для отдельных групп животных ограничивает их использование в рецептуре для приготовления комбикормов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В экспериментальном образце сои установили превышение активности уреазы в 5,8 раза. В течение длительного времени это значение не менялось. Это говорит о том, что данный показатель относится к стабильным параметрам. При активности уреазы сои полножирной 0,3–0,4 ед. рН в комбикормах для птицы допускается использовать не более 10–15 % такого сырья. А при активности уреазы рН < 0,1 уровень включения соевых продуктов ограничивают до 5 %. Для молочного животноводства высокий уровень ак-

тивности уреазы при использовании сои в кормах, содержащих мочевину, может привести к расстройствам пищеварения, нарушению обмена веществ вплоть до серьезных отравлений животных. Также некачественное кормовое сырье может привести к снижению усвоения белка и аминокислот различными группами животных и, как следствие, к экономическим убыткам конечного потребителя.

Результаты исследования поступившего кормового сырья указывают на необходимость систематического контроля качества и безопасности. Это повысит продуктивность отечественного животноводства, сделает его конкурентоспособным. Обширные лабораторные исследования позволяют не только предупредить внутренние незаразные болезни животных, но и обеспечить конечного потребителя безопасными продуктами питания.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках направления 160 Программы ФНИ государственной академии наук на 2013–2020 гг. по теме 0773-2019-0003 «Разработать систему эколого-биологической безопасности производства продукции животноводства».

Библиографический список

1. Албегова Л. Х. Использование сои в кормлении ремонтных свинок // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 3. С. 79–83.
2. Байтаев М. О. Соя как источник протеина для сельскохозяйственных животных в условиях Чеченской Республики // Научно-аналитический журнал «Вестник Чеченского государственного университета». 2016. Вып. 2. С. 107–110.

3. Котарев В. И., Лядова Л. В., Пронина Е. В., Гончарова Т. С. Влияние качества продуктов переработки сои на полноценность комбикормов для кур // Ветеринарный фармакологический вестник. 2018. № 3 (4). С. 87–91. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2018.3.87.
4. Gorb S. S., Klasner G. G. Removal of anti-nutritional substances soy beans by extrusion and microwave processing // Современный научный вестник. 2016. Т. 11. № 1. С. 94–97.
5. Дудаев Ш. М., Байтаев А. М., Шахтамиров И. Я., Адамов С. И., Байтаев М. О. Использование методики определения активности уреазы в бобах сои, обработанных термальной водой // Наука и молодежь: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, молодых ученых и аспирантов. Грозный, 2017. С. 107–111.
6. Кущева О. В. Перспективы использования новых сортов сои для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных на Южном Урале // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2015. № 4. С. 53–58.
7. Линников П. И. Российский рынок сои: тенденции, перспективы развития // Аграрный научный журнал. 2018. № 10. С. 81–86. DOI: 10.28983/asj.v0i10.595.
8. Маринин А. В., Тимченко А. А., Морозова Е. А. Химический состав экструдированной сои и ее использование в кормлении животных и птицы // Пища. Экология. Качество: труды XIV международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2017. С. 31–34.
9. Разработка регламента проведения оценки качества сырья и производимых комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы: научные рекомендации / И. М. Донник, И. А. Шкуратова, Н. А. Безбородова [и др.]. Екатеринбург, 2008. 182 с.
10. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / Под общ. ред. В. И. Фисинина. М.: Лика, 2018. 226 с.
11. Глецерук И. Р. Нетрадиционный источник питания птицы // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 2. С. 50–53.
12. Фоминых А. В., Королев А. Е. Влияние полножирной экструдированной сои на продуктивность кур-несушек // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 1. С. 52–58.
13. Чернов Д. С., Шувалов А. М., Машков А. Н. Исследование технологических параметров обработки соевых бобов для получения качественных кормов // Наука в центральной России. 2019. № 5 (41). С. 34–40. DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-34-40.
14. Шарыга А. В., Перминов А. С. Применение зерна сои в рационе кормления животных // Приднепровский научный вестник. 2017. Т. 9. № 2. С. 44–48.
15. Bellaloui N., Bruns H. A., Abbas H. K., et al. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA // *Frontiers in Plant Science*. 2015. No. 6 (31). Pp. 1–3. DOI: 10.3389/fpls.2015.00031.
16. Jones F. T., Anderson K. E., Ferket P. R. Effect of extrusion on feed characteristics and broiler chicken performance // *Journal of Applied Poultry Research*. 1995. No. 4. Pp. 300–309. DOI: 10.1093/japr/4.3.300.
17. Leeson S., Atteh J. O. Response of broiler chicks to dietary full-fat soybeans extruded at different temperatures prior to or after grinding // *Animal feed science and technology*. 1996. Vol. 57. No. 3. Pp. 239–245. DOI: 10.1016/0377-8401(95)00847-0.
18. Hammon H. M., Metges C. C., Junghans P., et al. Metabolic Changes and Net Portal Flux in Dairy Cows Fed a Ration Containing Rumen-Protected Fat as Compared to a Control Diet // *Journal of Dairy Science*. 2008. No. 91. Pp. 208–217. DOI: 10.3168/jds.2007-0517.
19. Amanlou H., Maheri-Sis N., Bassiri S., et al. Nutritional value of raw soybeans, extruded soybeans, roasted soybeans and tallow as fat sources in early lactating dairy cows // *Open Veterinary Journal*. 2012. No. 2 (1). Pp. 88–94.
20. Harper M. T., Oh J., Melgar A., et al. Production effects of feeding extruded soybean meal to early-lactation dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 10. Pp. 8999–9016. DOI: 10.3168/jds.2019-16551.
21. Shishkin V. V., Burmaga A. V., Usanov V. S., Shulzhenko E. A. The technology of producing innovative feed additives for farm animals on the basis of soybeans // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9. No. 5. Pp. 1968–1971.

Об авторах:

Мария Андреевна Суздальцева¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-1528-1987, AuthorID 677982; +7 (343) 257-20-44, lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

Надежда Николаевна Дудкина¹, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2536-8189, AuthorID 658540

Павел Олегович Бусыгин¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8597-723X, AuthorID 679152

Алексей Викторович Лысов¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2480-2019, AuthorID 665874

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Urease activity in soy beans and their processing products as an indicator of the quality of heat treatment

M. A. Suzdaltseva[✉], N. N. Dudkina¹, P. O. Busygin¹, A. V. Lysov¹

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

[✉]E-mail: lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

Abstract. Goal: on the basis of the veterinary and laboratory diagnostics department with a testing laboratory, surveillance studies of fodder of vegetable origin from different manufacturers were carried out for the following indicators: urease activity, mass content of soluble protein. An experiment on the activity of urease in full-fat soybean feed was also performed. To assess the quality of heat treatment of soybeans and products of its processing, to analyze the stability of the parameter of urease in fodder soybeans. **Methods.** These studies were performed in accordance with GOST 13979.9-69; GOST 13979.3-68. **Results.** As a result of statistical processing, it was revealed that over the past five years, urease activity was above the maximum permissible value in 33 % of feed samples. In some samples of soybeans, this indicator was exceeded by 2.6 times, in the experimental sample of soybeans – by 5.8 times. It was also experimentally confirmed that this indicator is a stable parameter. Additionally, studies of the cumulative mass content of soluble proteins were conducted in these samples. It was found that in 13 % of soybean samples and its processed products, the result of soluble protein was in the range of 68.20–74.50 %, which indicates excessive heat treatment of this raw material. Based on the results of the research conducted, it was found that this feedstock did not always meet the stated requirements. In this regard, the conduct of these studies is necessary for further control of the technological process. **Scientific novelty.** Currently, the issue of the quality of fodder of vegetable origin and soybean-processed products remains relevant. Full-fat soybean, soybean extracted meal, soybean expeller meal are increasingly used for the preparation of animal feed for farm animals and poultry. In this regard, it became necessary to control the quality and safety of this feedstock.

Keywords: stable parameter, urease activity, soluble protein, heat treatment, quality indicator, safety indicator.

For citation: Suzdaltseva M. A., Dudkina N. N., Busygin P. O., Lysov A. V. Aktivnost' ureazy v bobakh soi i produktakh ikh pererabotki kak pokazatel' kachestva termicheskoy obrabotki [Urease activity in soy beans and their processing products as an indicator of the quality of heat treatment] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 08 (211). Pp. 28–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-211-08-28-35. (In Russian.)

Date of paper submission: 07.09.2020, **date of review:** 19.10.2020, **date of acceptance:** 16.02.2021.

References

1. Albegova L. Kh., Ispol'zovanie soi v kormlenii remontnykh svinok [The use of soybeans in gilts feeding] // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2015. T. 52. No. 3. Pp. 79–83. (In Russian.)
2. Baytaev M. O., Soya kak istochnik proteina dlya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh v usloviyakh Chechenskoj Respubliki [Soybeans as a protein source for farm animals in natural-climatic conditions of the Chechen Republic] // Nauchno-analiticheskiy zhurnal "Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta". 2016. Vol. 2. Pp. 107–110. (In Russian.)
3. Kotarev V. I., Lyadova L. V., Pronina E. V., Goncharova T. S., Vliyanie kachestva produktov pererabotki soi na polnotsennost' kombikormov dlya kur [The influence of soybean products quality on the usefulness of feeds for chickens] // Bulletin of veterinary pharmacology. 2018. No. 3 (4). Pp. 87–91. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2018.3.87. (In Russian.)
4. Gorb S. S., Klasner G. G. Removal of anti-nutritional substances soy beans by extrusion and microwave processing // Modern scientific bulletin. 2016. T. 11. No. 1. Pp. 94–97. (In Russian.)
5. Dudaev Sh. M., Baytaev A. M., Shakhtamirov I. Ya., Adamov S. I., Baytaev M. O., Ispol'zovanie metodiki opredeleniya aktivnosti ureazy v bobakh soi, obrabotannykh termal'noy vodoy [Application of methods for the determination of urease activity in soya beans, soaked in thermal water] // Nauka i molodezh': Materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, molodykh uchenykh i aspirantov. Grozny, 2017. Pp. 107–111. (In Russian.)
6. Kushcheva O. V. Perspektivy ispol'zovaniya novykh sortov soi dlya povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh na Yuzhnom Urале [Prospects of the using new soybean varieties to increase productivity of farm animals in Southern Ural] // Feeding of agricultural animals and fodder production. 2015. No. 4. Pp. 53–58. (In Russian.)
7. Linnikov P. I., Rossiyskiy rynek soi: tendentsii, perspektivy razvitiya [Russian soybean market: trends, development prospects] // Agrarian Scientific Journal. 2018. No. 10. Pp. 81–86. DOI: 10.28983/asj.v0i10.595. (In Russian.)
8. Marinin A. V., Timchenko A. A., Morozova E. A., Khimicheskiy sostav ekstrudirovannoy soi i ee ispol'zovanie v kormlenii zhivotnykh i ptitsy [The chemical composition of extruded soybeans and its use in feeding animals and

poultry] // Pishcha. Ekologiya. Kachestvo: trudy XIV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Novosibirsk, 2017. Pp. 31–34. (In Russian.)

9. Razrabotka reglamenta provedeniya otsenki kachestva syr'ya i proizvodimyykh kombikormov dlya sel'skokhozyaystvennykh zhiivotnykh i ptitsy: nauchnye rekomendatsii [Development of the regulations for the assessment of the quality of raw materials and produced fodders for agricultural animals and poultry: scientific advice / I. M. Donnik, I. A. Shkuratova, N. A. Bezborodova. Ekaterinburg, 2008. 182 p. (In Russian.)

10. Fisinin V. I., Rukovodstvo po kormleniyu sel'skokhozyaystvennoy ptitsy [Poultry feeding: guide]. Moscow: Lika, 2018. 226 p. (In Russian.)

11. Tletseruk I. R., Netraditsionnyy istochnik pitaniya ptitsy [Unconventional source of poultry nutrition] // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2018. T. 55. № 2. Pp. 50–53. (In Russian.)

12. Fominykh A. V., Korolev A. E., Vliyanie polnozhirnoy ekstrudirovannoy soi na produktivnost' kur-nesushek [The influence of full-fat extruded soya on the productivity of laying hens] // Feeding of agricultural animals and fodder production. 2014. No. 1. Pp. 52–58. (In Russian.)

13. Chernov D. S., Shuvalov A. M., Mashkov A. N., Issledovanie tekhnologicheskikh parametrov obrabotki soevykh bobov dlya polucheniya kachestvennykh kormov [Research of technological parameters of processing of soybean for producing qualitative feed] // Science in the central Russia. 2019. No. 5 (41). Pp. 34–40. DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-34-40. (In Russian.)

14. Sharyga A. V., Perminov A. S., Primenenie zerna soi v ratsione kormleniya zhiivotnykh [The use of soybeans in the diet of animal feed] // Pridneprovskiy nauchnyy vestnik. 2017. T. 9. № 2. Pp. 44–48. (In Russian.)

15. Bellaloui N., Bruns H. A., Abbas H. K., et al. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA // *Frontiers in Plant Science*. 2015. No. 6 (31). Pp. 1–3. DOI: 10.3389/fpls.2015.00031.

16. Jones F. T., Anderson K. E., Ferket P. R. Effect of extrusion on feed characteristics and broiler chicken performance // *Journal of Applied Poultry Research*. 1995. No. 4. Pp. 300–309. DOI: 10.1093/japr/4.3.300.

17. Leeson S., Atteh J. O. Response of broiler chicks to dietary full-fat soybeans extruded at different temperatures prior to or after grinding // *Animal feed science and technology*. 1996. Vol. 57. No. 3. Pp. 239–245. DOI: 10.1016/0377-8401(95)00847-0.

18. Hammon H. M., Metges C. C., Junghans P., et al. Metabolic Changes and Net Portal Flux in Dairy Cows Fed a Ration Containing Rumen-Protected Fat as Compared to a Control Diet // *Journal of Dairy Science*. 2008. No. 91. Pp. 208–217. DOI: 10.3168/jds.2007-0517.

19. Amanlou H., Maheri-Sis N., Bassiri S., et al. Nutritional value of raw soybeans, extruded soybeans, roasted soybeans and tallow as fat sources in early lactating dairy cows // *Open Veterinary Journal*. 2012. No. 2 (1). Pp. 88–94.

20. Harper M. T., Oh J., Melgar A., et al. Production effects of feeding extruded soybean meal to early-lactation dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 10. Pp. 8999–9016. DOI: 10.3168/jds.2019-16551.

21. Shishkin V. V., Burmaga A. V., Usanov V. S., Shulzhenko E. A. The technology of producing innovative feed additives for farm animals on the basis of soybeans // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9. No. 5. Pp. 1968–1971.

Authors' information:

Mariya A. Suzdaltseva¹, researcher, ORCID 0000-0003-1528-1987, AuthorID 677982; +7 (343) 257-20-44, lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

Nadezhda N. Dudkina¹, senior researcher, ORCID 0000-0003-2536-8189, AuthorID 658540

Pavel O. Busygin¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-8597-723X, AuthorID 679152

Aleksey V. Lysov¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-2480-2019, AuthorID 665874

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia