

УДК 636.4.084:633.34:591.1

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОБЫЧНОЙ И ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННОЙ СОИ

С. Г. ЗИНОВЬЕВ, С. А. МАНЮНЕНКО

Институт свиноводства и агропромышленного производства НААН,
г. Полтава, Украина, 36013

Д. А. БИНДЮГ

Полтавская государственная аграрная академия,
г. Полтава, Украина, 36003

(Поступила в редакцию 03.09.2018)

Проблема кормового белка в свиноводстве постоянно находится в поле зрения ученых, поскольку, как известно, растительные корма не могут обеспечить организм свиньи необходимым его количеством по причине низкого уровня: на 1 к. ед. зерновых кормов, как основных составляющих рациона свиней, в среднем приходится 90–100 г переваримого протеина. Несбалансированность рационов по белку приводит к неэффективному использованию кормов, росту себестоимости свинины. В сравнительном аспекте изучен химический состав бобов генетически модифицированной и обычной сои, а также количество в них фитоэстрогенов (изофлавонов). Установлена тенденция к уменьшению в бобах ГМ-сои содержания протеина, жира, клетчатки и фосфора в пределах 2,81–12,26 %. В ГМ-сое выявлено достоверно меньше дайдзина, дайдзеина, ацетилдайдзина, глицитина, малонилглицитина, и больше генистина и малонилгенистина. Общее количество изофлавонов было выше по сравнению с контролем на 8,5 % ($p < 0,0001$), что может негативно влиять на статус здоровья животных, в частности на функцию регенеративных органов свиней.

Ключевые слова: соя, ГМО, изофлавоны, фитоэстрогены, химический состав.

The problem of feed protein in pig breeding is constantly in the field of view of scientists, because, as you know, vegetable feed cannot provide the body of the pig with necessary quantity due to the low level: there is an average of 90-100 g of digestible protein per 1 fodder unit of grain feed, as the main components of the diet of pigs. The imbalance of diets according to protein leads to inefficient use of feed, an increase in the cost of pork. In a comparative aspect, we have studied the chemical composition of beans of genetically modified and ordinary soybeans, as well as the number of phytoestrogens (isoflavones) in them. We have established a tendency to a decrease in the content of protein, fat, fiber and phosphorus in the limits of 2.81 – 12.26% in beans of GM-soybeans. In GM-soy, reliably less daidzin, daidzein, acetyldaidzin, glycerin, malonylglycine, and more genistin and malonylgenistin were detected. The total number of isoflavones was higher compared with the control by 8.5% ($p < 0.0001$), which can adversely affect the health status of animals, in particular, the function of the regenerative organs of pigs.

Key words: soybean, GMO, isoflavones, phytoestrogens, chemical composition.

Введение

В качестве белкового корма растительного происхождения широко используется в животноводстве соя. Белок соевых бобов и продуктов их переработки по качеству, то есть аминокислотному составу, наиболее соответствует белку животного происхождения, и по индексу полноценности протеина он является лидером – 89,7 %. По данным научных исследований семена сои содержат 38–42 % белка, 18–24 % жира и 30 % углеводов [1]. Однако использование новых сортов, в частности генетически реконструированных, обязывает серьезно относиться к результатам их применения в кормлении свиней дабы не навредить их здоровью и соответственно здоровью людей, поскольку химический состав ГМ-сои на сегодня изучен недостаточно.

В последнее время в животноводстве, и частности в свиноводстве, довольно часто стали использоваться растительные корма, полученные благодаря селекции по определенному признаку, а также генетически модифицированные, которые чрезвычайно высокотехнологичные и урожайные. Сейчас на рынке кормов появилась и занимает лидирующее место среди высокобелковых кормовых растений генетически модифицированная соя (ГМ-соя), которая устойчива к гербициду раундап. По предварительным научным данным, скармливание свиньям экструдированной полножировой ГМ-сои и продуктов ее переработки (жмых и шрот) в количестве 10–20 %

питательности рациона по сырому протеину, негативно не влияет на конверсию корма и интенсивность роста животных [10]. Однако есть отдельные исследования, которые указывают на наличие определенных рисков при длительном скармливании свиньям ГМ-сои: наблюдается дистрофия почек, печени и надпочечников, что приводит к уменьшению адаптационной способности их организма [5]. Поэтому, учитывая вышесказанное, необходимо взвешенно подходить к применению генетически-модифицированных кормов, особенно для маточного поголовья, с учетом возможности проявления их пролонгированного отрицательного действия на показатели воспроизводительной способности. Исследованиями, проведенными в Институте свиноводства и АПП НААН, установлено, что применение ГМ-сои в рационах свиней в течение 2 поколений отрицательно отразилось на многоплодии и сохранности поросят в подсосный период [3]. Также установлена задержка развития внутренних органов [4]. Гипотетически, это могло быть связано с химическим составом обычной и ГМ-сои, в связи с чем было проведено сравнительное исследование химического состава обычной и генетически модифицированной сои.

Целью работы было сравнительное изучение химического состава обычной и ГМ-сои.

Основная часть

Определение наличия генетически модифицированных конструкций в образцах сои проводилось в лаборатории генетики, а их химический состав – в лаборатории зоотехнического анализа Института свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины. Определение содержания изофлавонов в образцах сои проводили в Институте стоматологии АМН Украины.

Определение наличия генетически модифицированных конструкций в сое проводилось в соответствии с действующими нормативными документами на методы исследований: ДСТУ ISO 21569.2008, ДСТУ ISO 21570:2008, ДСТУ ISO 21571.2008.

Химический состав сои определялся в соответствии с действующими нормативными документами: ГОСТ 13586.5-93, ГОСТ 13496.14-87, ГОСТ 13496.2-91, ГОСТ 29033-91, ГОСТ 13496.4-93, ГОСТ 26570-95, ГОСТ 26657-97.

Содержание изофлавонов в сое определяли с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием хроматографической системы Shimadzu (Япония) [6, 12].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 12.0. Рассчитывались такие показатели описательной статистики, как среднее и его ошибка ($X \pm S_x$), доверительный интервал (95 % ДИ), стандартное отклонение (S) и коэффициент вариации (Cv) по выборке. Достоверность разницы (p) рассчитывали, используя дисперсионный анализ (ANOVA) [14].

В результате зоохимического анализа образцов сои существенных различий по основным питательным веществам не установлено (табл. 1). Однако просматривается тенденция уменьшения в бобах ГМО сои протеина, жира, клетчатки и фосфора в пределах 2,81–12,26 %, тогда как количество кальция было больше по сравнению с генетически не модифицированной нативной соей на 7,68 %. Однако, это может быть связано не только с генетической модификацией бобов сои, но и с изменением процесса формирования семян в течение вегетационного периода и накопления определенных питательных веществ при использовании препарата, подавляющего в полевых условиях развитие сорняков.

Таблица 1. Химический состав генетически модифицированной и не модифицированной нативной сои, %

Показатели	Соя без ГМО n=7	Соя ГМО n=5	±%	p
Протеин	35,71±1,550	33,23±2,528	-6,94	0,32
Cv	9,710	20,125		
Жир	22,14±0,893	21,11±0,636	-4,65	0,64
Cv	9,018	7,974		
Клетчатка	8,91±1,090	8,66±0,593	-2,81	0,73

Cv	27,356	18,127		
Кальций	0,39±0,021	0,42±0,022	+7,68	0,15
Cv	11,968	13,777		
Фосфор	1,17±0,077	1,05±0,129	-12,26	0,08
Cv	14,691	32,647		

Также, по-видимому, химический состав зерна сои в большой мере может зависеть от плодородия почвы на которой она произрастает, количества и качества внесенных удобрений при ее выращивании и даже погодных условий в период вегетации. Есть данные которые указывают на то, что при неблагоприятных погодных условиях на малоплодородных почвах количество протеина в сое может быть в пределах 20 % [9]. Однако очевидно одно, что при выращивании ГМ-соеи нарушается, хотя и незначительно, соотношение в бобах основных макроэлементов (Фосфор:Кальций) и составляет 2,5:1, тогда как в контроле – 3:1. Несмотря на это, однозначно утверждать о превосходстве по этому показателю обычной нативной над генетически модифицированной соей нецелесообразно, хотя фосфор, как известно, является одним из дорогостоящих элементов питания для растений и эффективность его использования имеет большое экономическое и экологическое значение.

Обобщая результаты сравнительного химического анализа ГМ сои и без ГМО, существенных различий не установлено, что не скажешь о количестве в сое изофлавонов (табл. 2). Данные таблицы указывают на то, что в исследованных образцах сои самое высокое содержание различных форм дайдзина, и генистина. В совокупности в зерне обычной сои (без ГМО) их было 85,86 % от общего их количества, тогда как образцах ГМ сои – 93,67 %, что больше предыдущего показателя на 7,81 %. Несмотря на некоторое различие по содержанию основных изофлавонов в контрольных и опытных образцах сои, количество их было в пределах нормы. Однако следует заметить, что количество отдельных компонентов изофлавонов бобов сои существенно различалось в зависимости от наличия в ней генетических модификаций.

Таблица 2. Содержание изофлавонов в образцах сои (в мг/г сырого образца)

Изофлавоны	Соя без ГМО (контроль) n=4	Соя ГМО (опыт) n=4	±% по сравнению с контролем	p
Дайдзин	0,586±0,0006	0,436±0,0064	-34,4	0,00001
Cv	0,197	2,913		
Глицитин	0,166±0,0003	0,062±0,0023	-167,7	0,00001
Cv	0,348	7,449		
Генистин	0,360±0,0009	0,595±0,0020	+65,3	0,00001
Cv	0,481	0,679		
Малонилдайдзин	0,330±0,0017	0,322±0,0049	+0,6	0,153
Cv	1,049	3,052		
Малонилглицитин	0,065±0,0003	0,035±0,0003	-85,7	0,00001
Cv	0,895	1,673		
Ацетилдайдзин	0,028±0,0003	0,014±0,0003	-100	0,00001
Cv	2,099	4,276		
Малонилгенистин	0,245±0,0020	0,489±0,0009	+99,6	0,00001
Cv	1,652	0,354		
Дайдзеин	0,011±0,0003	0,009±0,0003	-22,2	0,003
Cv	5,498	6,792		
Глицитеин +ацетилглицитин*	0,029±0,0049	0,031±0,0003	+6,8	0,698
Cv	34,438	1,892		
Ацетилгенистин	0,009±0,0003	0,009±0,0006	0	0,468
Cv	6,792	12,830		
Генистеин	0,006±0,0006	0,006±0,0003	0	0,468
Cv	19,245	10,497		
Сумма дайдзин	0,954±0,002	0,779±0,012	-18,3	0,0001
Сумма глицитин	0,259±0,005	0,127±0,003	-50,9	0,0001
Сумма генистин	0,619±0,003	1,098±0,003	+43,6	0,0001
Сумма изофлавонов	1,832±0,0110	2,003±0,0167	+8,5	0,0001

* – пики данных изофлавонов на хроматограммах совпадали.

Так, сумма различных форм дайдзина и глицитина в генетически модифицированной сое соответственно, по сравнению с контролем, была меньше на 18,3 % ($p \leq 0,0001$) и 50,9 % ($p \leq 0,0001$), тогда как количество генистина было существенно больше в 1 г сырого образца сои на 0,479 мг, или на (43,6 %) ($p \leq 0,0001$). В целом же сумма трех указанных изофлавонов ГМО сои достоверно превосходила такую, которая была в обычной сое на 8,5 % и составляла 2,003 мг/г (против 1,832 мг/г) ($p \leq 0,0001$). Существенно также ГМ соя отличалась от обычной нативной сои по наличию в ней таких изофлавонов, как генистин (+65,3 %), малонилглицитин (-85,7 %), ацетилдайдзин (-100 %) и малонилгенистин (+99,6 %).

Изменения определенных групп изофлавонов в генетически модифицированных бобах сои, по всей видимости, могут отрицательно воздействовать на функциональные возможности эндокринной системы, в частности подавлять работу щитовидной железы, репродуктивных органов свиноматок и хряков, изменять гормональный статус животных, что в определенной степени подтверждается нашими исследованиями [3, 4] и экспериментами других ученых. Изофлавоны, как известно, являются довольно противоречивыми соединениями, поскольку они не только имеют негативное влияние на отдельные органы и системы организма животных, но и способствуют укреплению сердечно-сосудистой системы, поддерживая необходимый уровень липопротеинов в крови, а также препятствуют разрушению костной ткани в процессе старения [2, 8, 13].

Согласно данным литературы [7], по эстрогенной активности изофлавоны располагаются в ряд: дайдзеин → генистеин → биоханин А → формонетин. В другом источнике [8] указывается, что наиболее активными изофлавонами являются эквол и генистеин, а также продукт микробного метаболизма лигнанов в кишечнике – энтеролактон.

Таким образом, полученные данные позволяют объяснить негативное влияние ГМ-сое на воспроизводительную функцию свиней, поскольку в обычной нативной сое суммарное содержание наиболее активных изофлавонов дайдзина и генистина 1,573 мг/г, тогда как в модифицированной – 1,877 мг/г, или на 16,2 % больше.

В то же время однозначно утверждать, что повышенное содержание изофлавонов непосредственно связано с наличием в сое генетических модификаций наверно будет преждевременным, поскольку наличие фитоэстрогенов может также зависеть, на наш взгляд, от повышенной ее урожайности, которая обеспечивается передовой технологией выращивания [11].

Заключение

Установлено, что нативная и генетически модифицированная соя по химическому составу существенно не отличается. В то же время просматривается изменения количества в ней изофлавонов, что может негативно влиять на статус здоровья животных. Так, в модифицированной сое выявлено достоверно меньше дайдзина, дайдзеина, ацетилдайдзина, глицитина, малонилглицитина, и больше генистина и малонилгенистина. Общее количество изофлавонов было выше по сравнению с контролем на 8,5 % у образцах ГМ сои ($p < 0,0001$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич, А. О. Проблема білка і вирощування зернобобових на корм / А. О. Бабич – К.: Урожай, 1993. – 152 с.
2. Барабой, В. А. Изофлавоны сои: биологическая активность и применение / В. А. Барабой // Биотехнологія. – Т. 2. – №3. – 2009.
3. Зиновьев, С. Г. Влияние использования ГМ-сое в рационах на биохимический статус крови и воспроизводительные качества свиней / С. Г. Зиновьев, А. А. Биндюг // Биотехнологія – от науки к практике: всероссийская конференция с международным участием (посвященная памяти профессора Наиля Ахняфовны Киреевой). Том 1. – 23–26 сентября 2014 г. – Полтава, 2014. – С. 118–123.
4. Зинов'єв, С. Г. Стан внутрішніх органів та якість продуктів забою за умов наявності у раціоні генетично-модифікованої сої / С. Г. Зинов'єв, О. А. Біндюг, С. О. Семенов // Свинарство. – Вип. 68. – 2016. – С. 99–108.
5. Морфологічні зміни печінки, нирок та наднирників експериментальних тварин при довготривалому згодовуванні раундапостійкої генетично модифікованої сої / Я. М. Кулик [та ін.] // Вісник морфології. – 2014. – №1. – Т. 20 – С. 149 – 153.
6. Левицкий, А. П. Экстракция полифенолов из листьев винограда / А. П. Левицкий, И. В. Ходаков, Е. С. Райцева // Харчова наука і технологія. – 2012. – Т. 20. – № 3. – С. 36–37.

7. Малик, О. Г. Спектральна кількісна та якісна характеристика ізофлавонів конюшини червоної / О. Г.Малик, О. Р.Дябога, М. І.Лунь // Тези доповідей 5 Укр. біохім. з'їзду, ч. II. — Київ, 1987. — С. 76–77.
8. Марголина, А. Правда и вымысел о фитоэстрогенах / А. Марголина // Наука и жизнь. —2008. — №5. — Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/13952/>.
9. Петибская, В. С. Соя: химический состав и использование / Под редакцией академика РАН, д-ра с.-х. наук В. М. Лукомца. — Майкоп, 2012. — 432 с.
10. Інтенсивність росту та відтворювальна здатність свиней за умов споживання ГМ -сої / С. О. Семенов, О. А. Біндюг, С. Г. Зінов'єв [та ін.] // Свинарство. — 2014. — №64. — С.143 – 152.
11. Ходаков, И. В. Сортовые особенности сои украинской селекции по содержанию полифенолов в листьях / И. В. Ходаков, О. А. Макаренко, А. П. Левицкий, В. И. Сичкарь // Физиология растений и генетика. — 2014. — Т. 46, № 1. — С. 27–36. — Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2014_45_1_5.
12. Ходаков, И. В. Способ идентификации полифенолов в растительных экстрактах при помощи ВЭЖХ. Определение состава изофлавонов сои / И. В. Ходаков // Методы и объекты химического анализа. — 2013. — Т. 8. — № 3. — С. 132–142.
13. Caceres, S. The Effects of Isoflavones on Androgens and Glucocorticoids During Puberty on Male Wistar Rats / S Caceres, G.Silvan, L. Martinez-Fernandez, M. Illera, P. Millan, B. Monsalve, L. Peña, and Illera, J. // *Reprod Dom Anim*, 2014. — 49: 611–617. doi:10.1111/rda.12335
14. Stanton, A. Glantz Primer of biostatistics: sixth edition. McGraw-Hill Professional, 2005. — 520 p.