

АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД М'ЯСА СВИНЕЙ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГМ-СОЇ У ЇХНІХ РАЦІОНАХ

С. Г. Зінов'єв, А. М. Шостя
kvazimodo2077@gmail.com

Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН,
вул. Шведська могила, 1, м. Полтава, 36013, Україна

Найпоширенішими генетично модифікованими сільськогосподарськими культурами на сьогодні є кукурудза, соя, бавовна і ріпак. Загальна посівна площа, зайнята ГМ-культурами, становить понад 20 % сільськогосподарських угідь. У світовій науці нагромадилася значна кількість даних, що свідчать про існування потенційних і реальних біологічних ризиків при комерційному використанні трансгенних рослин. Саме тому метою наших досліджень було вивчити пролонгований вплив ідентифікованих ліній екструдованої ГМ-сої у складі комбікормів на амінокислотний склад м'яса свиней.

Дослідження проводили в умовах ДП «Експериментальна база „Надія”» Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН. Для проведення науково-господарського дослідження було сформовано дві групи свиней полтавської м'ясної породи по 19 голів у кожній групі. Свиням контрольної групи, як і їх батькам, протягом періоду вирощування згодували повноцінний комбікорм, одним зі складників якого була соя повножирова екструдована сорту «Ворскла» (без ГМО) (5 % за масою), а для свиней дослідної групи — екструдована ГМ-соя (RR, GTS 40.3.2). Після досягнення тваринами забійної живої маси з кожної групи було забито по 3 голови, після чого проведено амінокислотний аналіз зразків найдовшого м'яза спини тварин контрольної та дослідної груп.

Встановлено, що за використання ГМ-сої лінії GTS 40.3.2 у складі комбікорму в загальному гідролізаті м'яса свиней дослідної групи виявлено зростання вмісту незамінних амінокислот на 25,1 %, замінних амінокислот — на 24,7 %, загального вмісту амінокислот — на 24,9 %. Варіативність досліджених показників у тварин дослідної групи зростає: вміст незамінних амінокислот — на 9,4 %, замінних амінокислот — на 9,3 %, загальний вміст амінокислот — на 9,3 %. Співвідношення між амінокислотами у м'ясі свиней дослідної групи при цьому суттєво не змінилось. Спостерігається лише незначне зменшення відносного вмісту лізину та проліну, а також зростання кількості глутамінової кислоти порівняно з контролем. Амінокислотний скор м'яса свиней за умов згодовування ГМ-сої суттєвих змін не зазнав. Встановлено, що лімітуючою амінокислотою у найдовшому м'язі спини свиней обох дослідних груп є валін.

Ключові слова: СВИНІ, М'ЯСО, СОЯ, ГМО, АМІНОКИСЛОТИ, СПІВВІДНОШЕННЯ, СКОР

AMINO ACID COMPOSITION OF PIGS' MEAT AT USING GM SOY IN THEIR DIETS

S. G. Zinovyev, A. M. Shostya
kvazimodo2077@gmail.com

Institute of Pig Breeding and agroindustrial production NAAS,
1 Svedska Mogyla str., Poltava 36013, Ukraine

Nowadays, the most common genetically modified agricultural crops are corn, soybeans, cotton and canola. The total sown area occupied by GM crops consists of more than 20 % of agricultural land. In the world science it has been accumulated a considerable amount of data on the existence of actual and potential biological risks in the commercial use of transgenic plants. That is why the aim of our study was to investigate the effect of prolonged lines of the extruded GM soy in the composition of mixed feeds on amino acid composition of pig meat.

The studies were conducted under conditions of the State Enterprise “Experimental Base ‘Nadiia’” of Institute of Pig Breeding and agroindustrial production NAAS. To carry out scientific and economic experiment two groups of pigs of the Poltava Meat breed were formed, on 19 heads in each. The pigs in the control group, as well as their parents, during the rearing period were fed with a full feed containing full-fat extruded soybean of “Vorskla” (non-GMO) sort (5 % by weight), and pigs in experimental one — extruded GM soybeans (the RR, GTS 40.3.2). Upon reaching the animals of slaughter live weight 3 heads from each group were slaughtered. Then amino acid analysis of samples of longissimus dorsi in animals from control and experimental groups was carried out.

It has been determined that using GM soy line GTS 40.3.2 as part of combined feeds in general hydrolyzate of pigs' meat of the experimental group revealed increasing levels of essential amino acids on 25.1 %, amino acids on 24.7 %, the total content of amino acids on 24.9 %. The variability of studied indexes in the experimental group increased: the content of essential amino acids on 9.4 %, amino acids on 9.3 %, and the total amino acid content on 9.3 %. The ratio between the amino acids in meat of pigs from the experimental group did not change significantly. There is only a slight decrease in the relative content of lysine and proline, as well as increasing of glutamic acid as compared with the control. Amino-acid score of pork under conditions of feeding GM soy did not have significant changes. It was found that the limiting amino acid in the longissimus dorsi in both experimental groups of pigs is valine.

Keywords: PIGS, MEAT, SOY, GMO, AMINO ACIDS, RATIO, SCOR

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЯСА СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГМ-СОИ В ИХ РАЦИОНАХ

С. Г. Зиновьев, А. М. Шостя
kvazimodo2077@gmail.com

Институт свиноводства и агропромышленного производства НААН,
ул. Шведская могила, 1, г. Полтава, 36013, Украина

Наиболее распространенными генетически модифицированными сельскохозяйственными культурами на сегодня является кукуруза, соя, хлопок и рапс. Общая посевная площадь занята ГМ культурами составляет более 20 % сельскохозяйственных угодий. В мировой науке накопилось значительное количество данных, свидетельствующих о существовании потенциальных и реальных биологических рисков при коммерческом использовании трансгенных растений. Именно поэтому целью наших исследований было изучить пролонгированное влияние идентифицированных линий экструдированной ГМ-сои в составе комбикормов на аминокислотный состав мяса свиней.

Исследования проводили в условиях ГП «Экспериментальная база “Надія”» Института свиноводства и агропромышленного производства НААН. Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано две группы свиней полтавской мясной породы, по 19 голов в каждой группе. Свиньям контрольной группы, как и их родителям, в течение периода выращивания скармливали полноценный комбикорм, одним из ингредиентов которого была полножировая экструдированная соя сорта «Ворскла» (без ГМО) (5 % по массе), а для свиней опытной группы — экструдированная ГМ-соя (RR, GTS 40.3.2). При достижении животными убойной живой массы из каждой группы было забито по 3 головы, после чего проведён аминокислотный анализ образцов длиннейшей мышцы спины животных контрольной и опытной групп.

Установлено, что при использовании ГМ-сои линии GTS 40.3.2 в составе комбикорма в общем гидролизате мяса свиней опытной группы обнаружено повышение содержания незаменимых аминокислот на 25,1 %, заменимых аминокислот — на 24,7%, общего содержания аминокислот — на 24,9%. Вариативность исследованных показателей у животных опытной группы выросла: содержание незаменимых аминокислот — на 9,4 %, заменимых аминокислот на — 9,3 %, общее содержание аминокислот — на 9,3%. Соотношение между аминокислотами в мясе свиней опытной группы при этом существенно не изменилось. Наблюдается лишь незначительное уменьшение относительного содержания лизина и пролина, а также рост количества глутаминовой кислоты по сравнению с контролем. Аминокислотный скор мяса свиней в условиях скармливания ГМ-сои существенных изменений не претерпел. Установлено, что лимитирующей аминокислотой в длиннейшей мышце спины свиней обеих опытных групп является валин.

Ключевые слова: СВИНЬИ, МЯСО, СОЯ, ГМО, АМИНОКИСЛОТЫ, СООТНОШЕНИЕ, СКОР

Генетично модифікований організм (ГМО) — живий організм, генетична складова якого була штучно змінена за допомогою методів генної інженерії. Як правило, подібні зміни використовуються в наукових або сільськогосподарських цілях. Генетична модифікація (ГМ) відрізняється від природного, характерного для штучного і природного мутагенезу цілеспрямованим втручанням у геном живого організму.

Найпоширенішими генетично модифікованими сільськогосподарськими культурами на сьогодні є кукурудза, соя, бавовна і ріпак. Загальна посівна площа, зайнята ГМ-культурами, становить понад 20 % сільськогосподарських угідь. У 2016 р. у світі офіційно зареєстровано 404 ліній (сортів) 29 видів ГМ-рослин. При цьо-

му 41,21 % серед зареєстрованих ліній стійкі до пестицидів, 38,79 % — до шкідників і збудників хвороб [4].

Прикладом країни, де генетично інженерні культури набули широкого поширення, є США, де соя була другою біо-інженерною культурою впровадженою в комерційний оборот. Звичайно, немодифікована соя не витримує використання гліфосату — гербіциду, який пригнічує фермент рослин 5-енолпірувіл-шікімат-3-фосфат-синтази (КФ 2.5.1.19). При попаданні гліфосату на рослину він проникає у клітини, блокує синтез низки важливих сполук, і рослина гине. Щоб уникнути цього, *Roundup Ready* рослини містять повну копію гена енолпірувіл-шікіматфосфат-синтетази з ґрунтової бактерії *Agrobacterium sp. strain CP4*, перенесеної в їх геном, що робить їх стійкими до гербіциду гліфосату, використовуваного у всьому світі для боротьби з бур'янами [11].

Водночас існує безліч протиріч, коли мова йде про оцінку ризиків застосування ГМО. Є дослідження, які вказують на потенційну небезпеку ГМО, тоді як в інших негативного впливу не було виявлено [1, 2, 3, 5, 7]. Саме з цієї причини вчені відзначають, що при оцінці ризиків слід брати до уваги індивідуальні особливості ведення сільського господарства у кожній країні, де існують чинники, які відіграють свою роль у створенні локального ризику, зокрема конкретне середовище, рівні впливу тощо [8].

Зазначені вище дані дають підставу вважати, що остаточної відповіді щодо безпечності харчових ГМ-рослин для організму тварин і людини світовим співтовариством ще не отримано [6, 9, 13]. Тому роботи з вивчення наслідків застосування ГМ харчових (кормових) продуктів на здоров'я людини і тварин мають актуальність для безпеки життєдіяльності суспільства й екології. Саме тому метою наших досліджень було дослідити пролонгований вплив ідентифікованих ліній екструдованої ГМ-сої у складі раціонів годівлі на амінокислотний склад м'яса свиней.

Матеріали і методи

Дослідження проводили в умовах ДП «Експериментальна база „Надія”» Інституту

свинарства і агропромислового виробництва НААН. Дослідження на поголів'ї свиней здійснювали відповідно до Міжнародних принципів Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментів та в інших наукових цілях.

Для проведення науково-господарського дослідю, згідно з наявною методикою [10], було сформовано дві групи свиней полтавської м'ясної породи по 20 голів у кожній, до складу яких входили свинки (10 голів), кабанчики (5 голів) та кнурці (5 голів) — аналоги за живою масою (табл. 1). Молодняку свиней контрольної групи, як і батькам, протягом періоду вирощування згодовували повноцінний комбїкорм, одним з інгредієнтів якого була соя повножирова екструдована сорту «Ворскла» (без ГМО) (5 % за масою), а свиням дослідної групи — екструдована ГМ-соя (RR, GTS 40.3.2) (табл. 2). Свинок та кабанчиків утримували в групових станках по 6–8 голів, а кнурців — по 5 голів, з вільним доступом до кормів та води. Протягом періоду вирощування свиней здійснювався контроль за станом їх здоров'я, інтенсивністю росту та розвитку періодичним зважуванням.

Після досягнення тваринами забійної живої маси (90–100 кг) з кожної групи було відібрано та забито по 3 свинки. Амінокислотний склад м'язової тканини досліджували в Інституті біохімії ім. О. В. Палладіна Національної академії наук України за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот *T339* фірми «Microtechna» (Прага, Чехія) методом іонообмінної хроматографії. Для реєстрації амінокислот в елюатах використовували метод детекції їх нінгідрином. На автоматичному аналізаторі амінокислот використовували катіонообмінну смолу LG ANB з активною групою SO_3^- . Одиниця вимірювання — мкмоль/100 г [12].

Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням програм *Microsoft Excel 2012* і *Statistica 10.0*, попередньо перевіривши нормальність їх розподілу за *W*-тестом Шапиро-Вілка й тестом Лілієфорса. Розраховувалися такі показники описової статистики, як середнє і його помилка ($\bar{X} \pm S_x$), довірчий інтервал (95 % ДІ), стандартне відхилення (*S*) і коефіцієнт варіації (*Cv*, %) по вибірці. Вірогідність різниці (*P*) розраховували з використанням *t*-тесту

Загальна схема першого науково-господарського дослідю
The general scheme of the first scientific and economic experiment

Дослідні групи Experimental group	Умови годівлі піддослідних свиней Terms of experimental pigs feeding	Кількість сої у комбікормі за масою, % Amount of soya in fodder by weight, %	Кількість тварин Number of animals
I контрольна / control	Основний раціон (ОР) + звичайна соя повножирова екструдована The basic ration (BR) + normal full-fat extruded soybean	5	20
II дослідна / experimental	ОР + ГМ-соя повножирова екструдована BR + GM full-fat extruded soybean	5	20

Склад комбікорму для свиней
The composition of feed for pigs

Інгредієнти / Ingredients	Кількість / Amount, %	
	за масою / by weight	за поживністю / nutritionally
Ячмінь / Barley	10,0	10,2
Овес / Oat	10,0	9,2
Соя екструдована / Extruded soybean	5,0	5,8
Кукурудза подрібнена / Chopped corn	35,0	38,0
Пшениця / Wheat	20,0	21,7
Висівки пшеничні / Wheat bran	10,0	6,6
Макуха соняшникова / Sunflower rape	5,0	5,5
Премікс / Premix	3,5	3,0
Солі, кг / Salts, kg	0,5	—
Крейди, кг / Chalk, kg	1,0	—
Разом / Total	100,0	100,0

для незалежних вибірок, для множинних вибірок використовували дисперсійний аналіз [14].

Результати й обговорення

Дослідженнями встановлено, що середньодобові прирости свиней дослідної групи були нижчими порівняно з контрольними на 5,51 % і становили $481,85 \pm 76,67$ г у контрольній групі та $456,67 \pm 67,73$ у дослідній при конверсії корму, відповідно, 4,3 к.од. і 4,6 к.од.

Передзабійна жива маса і маса туші тварин дослідної групи були меншими, відповідно, на 5,63 % і 6,60 %. Забійний вихід був також меншим — 70,46 % у контрольній та 69,46 % у дослідній групі. В тушах тварин дослідної групи було менше м'яса та кісток — відповідно, на 0,31 % і 0,24 %, а сала більше на 0,54 %. Внутрішнього жиру було 2,61 кг у контролі і 2,91 кг у досліді (на 11,37 % більше). Площа «м'язового вічка» у тварин до-

слідної групи була меншою на 2,30 % і становила $32,72 \text{ см}^2$, а товщина шпиків — більшою на 4,58 % і становила, відповідно, 40,00 мм.

У свиней, що протягом двох поколінь отримували генетично-модифіковану сою, виявлено певні зміни амінокислотного складу м'яса (табл. 3). Амінокислотний аналіз загального гідролізату зразків найдовшого м'яза спини тварин дослідної групи вказує на тенденцію до зростання у ньому кількості всіх амінокислот. Коефіцієнт варіації вмісту майже всіх амінокислот у дослідній групі також зріс. Так, вміст лізину зріс на 20,1 %, а варіативність — на 7,4 %, гістидину — відповідно, на 33,8 % і 9,7 %, аргініну — на 18,2 % і 15,5 %, треоніну — на 27,7 % і 8,5 %, валіну — на 26,5 % і 9,3 %, метіоніну — на 25,5 % і 6,4 %, ізолейцину — на 26,5 % і 6,7 %, лейцину — на 26,1 % і 8,4 %, фенілаланіну — на 28,2 % і 10,1 %. Загальна кількість незамінних амінокислот зросла на 25,1 %, а коефіцієнт варіації — на 9,4 %.

Амінокислотний склад м'яса свиней за умов згодовування ГМ-сої (мкмоль/100 г, $\bar{X} \pm S_x$, n=3)
 Amino acid composition of pigs meat when fed with GM soy (micromole/100 g, $\bar{X} \pm S_x$, n=3)

Показник / Parameter	Контроль, без ГМО Control, non GMO	Cv, %	Дослід, ГМО Experimental, GMO	Cv, %	% до контролю % of control	P
Лізин (lys)	18,15±0,926	8,8	21,80±2,048	16,3	20,1	0,180
Гістидин (his)	8,57±0,543	11,0	11,47±1,372	20,7	33,8	0,120
Аргінін (arg)	11,61±0,155	2,3	13,72±1,409	17,8	18,2	0,211
Треонін (thr)	12,12±0,464	6,6	15,48±1,348	15,1	27,7	0,078
Валін (val)	9,87±0,428	7,5	12,49±1,211	16,8	26,5	0,111
Метіонін (met)	7,38±0,641	15,0	9,26±1,145	21,4	25,5	0,225
Ізолейцин (ile)	8,75±0,517	10,2	11,07±1,084	17,0	26,5	0,126
Лейцин (leu)	21,68±1,246	10,0	27,23±2,887	18,4	26,1	0,152
Фенілаланін (phe)	7,10±0,288	7,0	9,15±0,902	17,1	28,2	0,097
Сума незамінних / Total essential	105,23±4,896	8,1	131,66±13,258	17,4	25,1	0,135
Аспарагінова кислота (asp)	16,38±0,683	7,2	20,10±1,886	16,3	22,7	0,137
Серин (ser)	13,09±0,628	8,3	16,35±1,637	17,3	24,9	0,136
Глутамінова кислота (glu)	29,42±1,120	6,6	38,18±4,627	21,0	29,8	0,140
Пролін (pro)	11,96±0,893	12,9	14,16±1,439	17,6	18,4	0,264
Гліцин (gly)	16,41±1,062	11,2	20,03±1,917	16,6	22,1	0,174
Аланін (ala)	20,12±1,043	9,0	24,88±2,483	17,3	23,7	0,152
Цистин (cys)	2,50±0,235	16,3	3,14±0,112	6,1	25,6	0,069
Тирозин (tyr)	6,50±0,313	8,3	8,30±0,877	18,3	27,7	0,126
Сума замінних / Total nonessential	116,39±5,542	8,2	145,15±14,739	17,6	24,7	0,142
Загальна сума / Total amount	221,62±10,433	8,2	276,80±27,987	17,5	24,9	0,138

Щодо вмісту замінних амінокислот у м'ясі свиней, які отримували ГМ-сою, то тут простежуються такі тенденції. Вміст аспарагінової та глутамінової кислот збільшився на 22,7 % та 29,8 % відповідно. Зріс їх вміст і коефіцієнт варіації, крім цистину, варіативність якого зменшилась на 10,1 % — з 16,3 % до 6,1 %.

Загальна кількість замінних амінокислот зросла з 116,39 мкмоль/100 г до 145,15 мкмоль/100 г або на 24,7 %, а коефіцієнт варіації — на 9,3 %. Відповідно, зріс і загальний вміст амінокислот — з 221,62 мкмоль/100 г до 276,80 мкмоль/100 г, тобто на 24,9 %. Коефіцієнт варіації цього показника зріс на 9,4 %.

Отримані дані можуть частково пояснити кращі органолептичні показники вареного м'яса та бульйону, отриманого від тварин дослідної групи, оскільки вищий вміст амінокислот, особливо глутамінової кислоти, може сприяти кращим смаковим якостям.

Такі результати є досить інформативними, враховуючи, що за результатами зоотехнічного аналізу вміст сирого протеїну (азот×6,25) у м'ясі свиней дослідної групи вірогідно знизився на 1,78 % — з 22,92±0,572 % до

21,14±0,263 % (P=0,048), а коефіцієнт варіації його вмісту знизився з 4,32 % до 2,15 %. Можна припустити, що зменшення вмісту сирого протеїну у м'ясі тварин дослідної групи відбувається за рахунок не амінокислот, кількість яких зростає, а інших азотовмісних сполук.

Отримані дані можуть бути пояснені певною зміною гормонального фону піддослідних тварин, які споживали ГМ-сою, оскільки вона може містити підвищений рівень фітогормонів. Водночас, враховуючи відсутність вірогідної різниці між досліджуваними показниками контрольної та дослідної груп, ми не можемо констатувати суттєвий вплив ГМ-сої на амінокислотний склад м'яса свиней.

Співвідношення між амінокислотами у м'ясі, на відміну від співвідношення вільних амінокислот у крові кнурців [15], практично не змінилось (рис. 1). Спостерігається лише незначне зменшення відносного вмісту лізину і проліну, а також зростання кількості глутамінової кислоти порівняно з контролем. Це можна пояснити значно меншою пластичністю амінокислотного складу м'язової тканини порівняно з кров'ю, оскільки для виконання своїх функцій

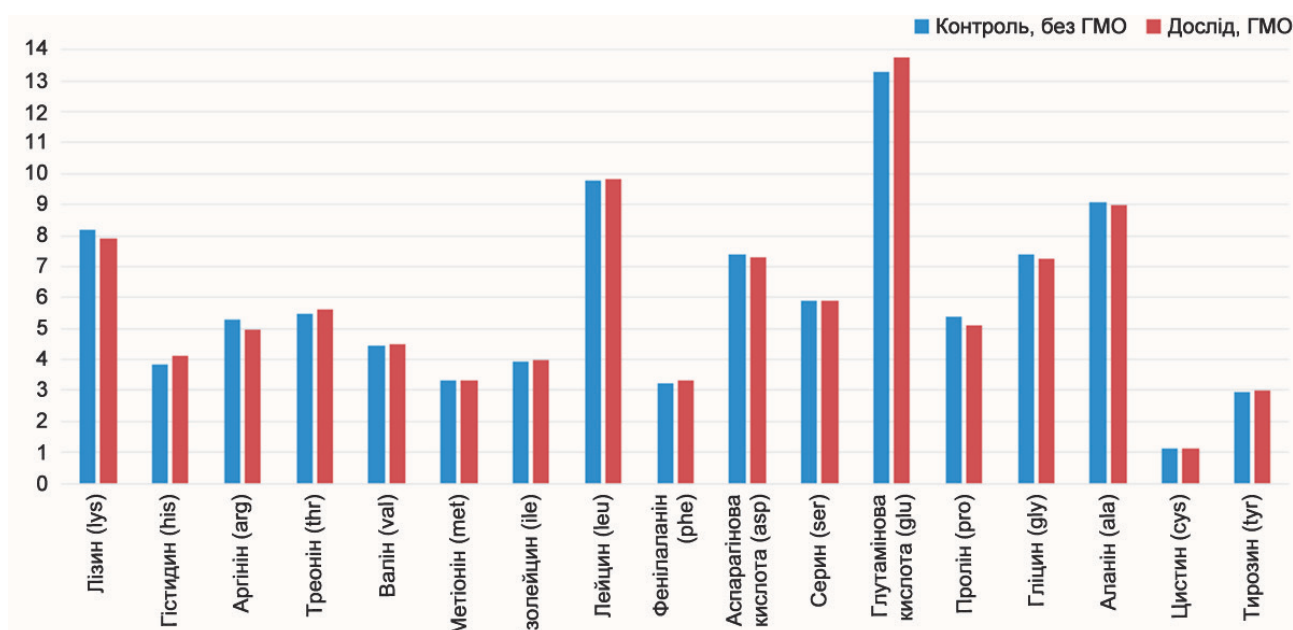


Рис. 1. Співвідношення амінокислот у м'ясі свиней за умов згодовування ГМ-сої, %

Fig. 1. Amino acids value in the pigs meat when fed with GM soy, %

співвідношення амінокислот у м'язовій тканині має залишатись у певних межах.

Амінокислотний скор м'яса свиней за умов згодовування ГМ-сої також не зазнав суттєвих змін, на що вказує гістограма (рис. 2). Амінокислотний скор — показник біологічної цінності білка, а саме відсоткове співвідношення частки певної незамінної кислоти в досліджуваному білку до аналогічної амінокислоти в «ідеальному» білку. Мінімальний скор амінокислоти визначає біологічну цінність цього білка. Однак відсутність лімітуючих амінокислот призводить до зменшення біологічної цінності білків. У цьому випадку лімітуючою амінокислотою в обох дослідних групах є валін.

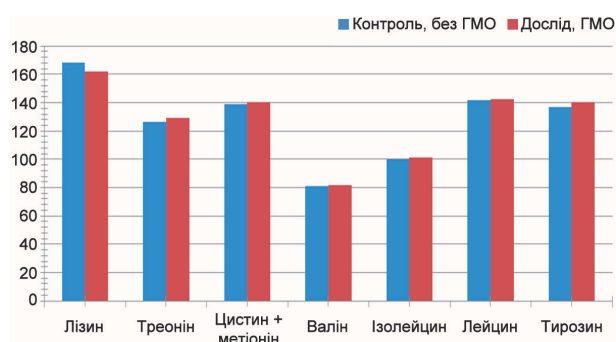


Рис. 2. Амінокислотний скор м'яса свиней за умов згодовування ГМ-сої, %

Fig. 2. Amino-acid score in the pigs meat when fed GM soy, %

Висновки

1. За використання ГМ-сої лінії GTS 40.3.2 у складі комбікорму в загальному гідролізаті м'яса свиней дослідної групи виявлено зростання вмісту незамінних амінокислот на 25,1 %, замінних амінокислот — на 24,7 %, загального вмісту амінокислот — на 24,9 %.

2. Встановлено, що коефіцієнт варіації досліджених показників у тварин дослідної групи зріс: вмісту незамінних амінокислот — на 9,4 %, замінних амінокислот — на 9,3 %, загального вмісту амінокислот — на 9,3 %.

3. Співвідношення між амінокислотами у м'ясі свиней дослідної групи суттєво не змінилось. Спостерігається лише незначне зменшення відносного вмісту лізину та проліну, а також зростання кількості глутамінової кислоти порівняно з контролем.

4. Амінокислотний скор м'яса свиней за умов згодовування ГМ-сої суттєвих змін не зазнав. Встановлено, що лімітуючою амінокислотою в найдовшому м'ясі спини свиней обох дослідних груп є валін.

Перспективи подальших досліджень.

Доцільно провести порівняльні дослідження з вивчення впливу ГМ-сої та ГМ-кукурудзи найбільш поширених ліній та їх сумішей на організм тварин.

1. Carman J., Vlieger H., Ver Steeg L., Sneller V. A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet. *Journal of Organic Systems*, 2013, 8 (1).
2. Cîrnatu D., Jompan A., Sin A. I., Zugrav C. A. Multiple organ histopathological changes in broiler chickens fed on genetically modified organism. *Rom. J. Morphol. Embryol.*, 2011, 52 (Suppl. 1), pp. 475–480.
3. Dolaychuk O. P., Fedoruk R. S., Kovalchuk I. I., Khrabko M. I. Physiological effects of soybeans native and transgenic varieties on the body of the third generation female rats. *The Animal Biology*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 22–30. (in Ukrainian)
4. GM Approval Database. International Service for the Acquisition of Agri-Biothech Application (ISAAA). Electronic resource, 2016. Available at: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>
5. Gorbach T. V., Kuzmina I. Y. U., Gubina-Vakulik G. I., Kolousova N. G. Hormonal regulation of sexual function and histological features of the ovaries in an experiment using of GMO soy. *Tauride Medico-Biological Bulletin*, 2012, vol. 15, no. 2, part 2 (58), pp. 235–238. (in Russian)
6. Hilbeck A., Binimelis R., Defarge N. No scientific consensus on GMO safety. *Environmental Sciences Europe*, 2015, 27:4.
7. Kulyk M. F., Kulyk Y. M., Obertiukh Y. V., Khimich O. V. Effect long-term feeding of transgenic soybean on reproductive capacity of pigs. *Animal breeding and genetics*, 2012, vol. 49, pp. 213–220. (in Ukrainian)
8. Pertry I., Nothegger C., Sweet J., Kuiper H., Davies H., Iserentant D., Hull R., Mezzetti B., Messens K., De Loose M., de Oliveira D., Burskens S., Gheysen G., Tzotzos G. DTREEv2, a computer-based support system for the risk assessment of genetically modified plants. *New Biotechnology*, 2014, 31 (2), pp. 166–171.
9. Qi X., He X., Luo Y., Li S., Zou S., Cao S., Tang M., Delaney B., Xu W., Huang K. Subchronic feeding study of stacked trait genetically-modified soybean (3Ø5423×40–3–2) in Sprague-Dawley rats. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50 (9), pp. 3256–3263.
10. *Research methods in pig breeding*. Kharkiv, VASKHNIL, South department, 1977, pp. 69–83 (in Russian)
11. Schönbrunn E., Eschenburg S., Wendy A. Schloss J. V., Amrhein N., Evans J. N. S., Kabsch W. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail. *PNAS*, 2001, vol. 98, no. 4, pp. 1376–1380. DOI: 10.1073/pnas.98.4.1376.
12. Simonyan A. V., Salamatov A. A., Pokrovskaya Yu. S., Avanesyan A. A. *Use of ninhydrine reaction for the quantitative determination of α -amino acids in various objects*. Methodical Recommendations. Volgograd, 2007, 106 p. (in Russian)
13. Snell C., Bernheim A., Bergé J., Kuntz M., Pascal G., Paris A., Ricroch A. E. Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials. A literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50 (3–4), pp. 1134–1148.
14. Stanton A. Glantz. *Primer of biostatistics: sixth edition*. McGraw-Hill Professional, 2005, 520 p.
15. Zinoviev S. G. Pool of free amino acids in blood of pigs receiving GM-soy. *Zootechnical science of Belarus Collection of Scientific Papers*, vol. 51, part 1, pp. 294–300. (in Russian)