

## БІОХІМІЧНИЙ ПРОФІЛЬ М'ЯСА СВИНЕЙ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГМ-СОЇ У ЇХ РАЦІОНАХ

*С. Г. Зінов'єв, канд. с.-г. наук*

*А. М. Шостя, д-р с.-г. наук*

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

*У статті наведені результати досліджень окремих біохімічних показників м'яса свиней що протягом двох поколінь споживали корми з генетично модифікованою соєю. Були досліджені зразки найдовшого м'яза спини б голів свиней полтавської м'ясної породи.*

*Встановлено, що фракційний склад білків м'яса свиней (білки саркоплазми, стромати та міофібрилярні білки), вміст креатиніну, гістидин-вмісних дипептидів та активність цитохромоксидази за використання ГМ-сої не зазнали суттєвих змін. Однак, у м'ясі свиней дослідної групи вірогідно зросла концентрація холестеролу на 27,03 % ( $p = 0,017$ ), малонового діальдегіду на 35,27 % ( $p = 0,032$ ) та окислювальна модифікація білків на 21,42 % ( $p=0,013$ ), порівняно з контрольними тваринами, що отримували корми зі звичайною соєю. Такі зміни біохімічного складу найдовшого м'язу свиней, що отримували сою лінії GTS 40.3.2 свідчать про можливий вплив раціонів, що містять генетично модифіковану сою на певні ланки обміну речовин у свиней.*

**Ключові слова:** СВИНІ, М'ЯСО, СОЯ, ГМО, ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ, КРЕАТИНІН, ГІСТИДИН-ВМІСНІ ДИПЕПТИДИ, ХОЛЕСТЕРОЛ, ЦИТОХРОМОКСИДАЗА, МАЛОНОВИЙ ДІАЛЬДЕГІД, ОКИСНЮВАЛЬНА МОДИФІКАЦІЯ БІЛКІВ.

У зв'язку зі значним збільшенням масштабів застосування генної інженерії в сфері створення нових сортів сільськогосподарських рослин, створюються нові лінії рослин, що мають ознаки, які відсутні в існуючих традиційних. Біотехнологічні методи сьогодення дозволяють проводити маніпуляції з генетичним кодом на рівні окремих генів чи їх блоків. Загальна посівна площа зайнята ГМ культурами становить понад 20 % сільськогосподарських угідь. У США і Бразилії понад 85 % від загального врожаю становить кукурудза трансгенної природи. У 2011 році 32 % від загального обсягу посівних площ кукурудзи, 75 % сої і 82 % бавовни були зайняті ГМ сортами цих рослин. На кінець 2016 р. у світі зареєстровано 404 лінії ГМ-рослин [12].

Чисельні дослідження щодо їх впливу на організм тварин досить суперечливі та неоднозначні [5, 11, 13–15]. Вченими М.-G. Javier A., С. de la Barca A.M. було проаналізовано 40 експериментальних досліджень різних науковців, присвячених оцінці ризику різних ліній ГМ рослин на параметри організму тварин, і в 20 з них виявлені статистично значимі несприятливі показники в дослідних групах тварин, які одержували корм із ГМО [13]. Також, були виявлені патологічні зміни в печінці та підшлунковій залозі піддослідних мишей, яким згодовували ГМ-сою, стійку до гербіциду Раундап [14].

Проте, є наукові дані, які не підтверджують негативний вплив ГМО на здоров'я та фізіологічний стан лабораторних тварин. У щурів, що протягом трьох поколінь отримували ГМ-сою, не виявлено вираженого негативного чи позитивного впливу ГМ компонентів сої на їх фізіологічний стан, порівняно з тваринами, яким згодовували натуральну сою [5]. Оглядові дані [15] щодо 12 довготривалих досліджень (тривалістю від 90 днів до 2 років), в яких було отримано від 2 до 5 поколінь піддослідних тварин, не виявили статистично вірогідного впливу ГМО на піддослідних тварин. Спостерігали лише деякі незначні відхилення досліджуваних

показників, проте вони не виходили за межі фізіологічної норми і не мали біологічного та токсикологічного значення.

Таким чином, існує безліч протиріч, відносно оцінки ризиків застосування кормів з наявністю ГМО. Саме з цієї причини при оцінці ризиків, що можуть виникнути при згодовуванні ГМ-кормів, і, зокрема, сої, як основного білкового корму, слід брати до уваги індивідуальні особливості ведення сільського господарства в кожній країні, де існують чинники, що відіграють свою роль у конкретному середовищі, з різним рівнем впливу [11].

У доступних нам наукових працях досить мало даних щодо впливу генетично модифікованих рослинних організмів на біохімічні показники м'язової тканини сільськогосподарських тварин, а оскільки м'ясо є одним з основних продуктів свинарства, то дослідження змін його складу за використання ГМ-сої є досить актуальним.

Саме тому метою нашої роботи було дослідити пролонгований вплив ідентифікованих ліній екструдованої ГМ-сої у складі раціонів годівлі на біохімічний склад м'яса свиней.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили в умовах ДП «Експериментальна база «Надія» Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН. Дослідження на свинях здійснювали відповідно до Міжнародних принципів Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментів над ними та в інших наукових цілях.

Для проведення науково-господарського досліду, згідно з існуючою методикою [9], було сформовано дві групи свиней полтавської м'ясної породи, по 20 голів у кожній, до складу яких входили свинки, кабанчики та кнурці – аналоги за живою масою.

Свиням контрольної групи, як і їх батькам, протягом періоду вирощування згодовували повноцінний комбікорм, одним з інгредієнтів якого була соя повножирова екструдована сорту «Ворскла» (без ГМО) (5 % за масою), а дослідної – екструдована ГМ-соєя (RR, GTS 40.3.2). Свинки та кабанчики утримувались у групових станках по 6 – 8 голів, а кнурці – по 4 – 5 голів, з вільним доступом до кормів та води. Протягом періоду вирощування свиней здійснювався контроль за станом їх здоров'я, інтенсивністю росту та розвитку шляхом періодичного зважування.

По досягненню тваринами забійної живої маси (90-100 кг), з кожної групи було відібрано і забито по 3 голови та здійснено оцінку розвитку внутрішніх органів і визначено якість продуктів забою. У зразках найдовшого м'язу спини визначали такі показники: водорозчинні білки, г%; солерозчинні білки, г%; лугорозчинні білки, г%; креатинін, мкмоль/кг; гістидин-вмісні дипептиди (ГВД), мкмоль/г; холестерол, ммоль/кг; цитохромоксидазу, індоф. одиниці; малоновий діальдегід (МДА), мкмоль/кг; окиснювальну модифікацію білків (ОМБ), мкмоль/л за методиками, викладеними у джерелах [1, 4, 6, 10, 17].

Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням програм Microsoft Excel 2012 і Statistica 10.0. Вірогідність різниці (p) розраховували з використанням t-тесту для незалежних вибірок [16].

**Результати й обговорення.** У свиней, що протягом двох поколінь отримували генетично-модифіковану сою, виявлено певні зміни біохімічних показників м'яса (табл.).

Фракційний склад білків найдовшого м'язу спини не зазнав суттєвих змін. Вміст водорозчинних (білки саркоплазми) та лугорозчинних (фракція стоми) білків знизився, відповідно, на 2,56 % та 1,70 %, а солерозчинних (міофібрілярних) зріс на 9,26 %. При цьому, якщо варіативність концентрації водорозчинних білків майже не змінилась, то соле- та лугорозчинних – зросла 7,6 % та 7,2 %.

Креатинін входить до числа речовин, які обумовлюють аромат та смак м'ясних продуктів, він надає м'ясу гіркої смаку. Окрім того, креатинін та креатин є попередниками гетероциклічних амінів у м'ясі, які можуть утворюватися на поверхні м'яса під час варіння та за дії високих температур із застосуванням сухого тепла, наприклад, при жаренні або грилі.

Так, уміст креатиніну у м'ясі тварин дослідної групи зріс на 6,75 %, а варіативність показнику зросла з 13,2 % до 15,8 %.

Таблиця

Деякі біохімічні показники м'яса свиней за умов згодовування ГМ-сої, ( $\bar{X} \pm Sx$ , n=6)

Показники	Групи		± до контролю
	Контроль без ГМО	Дослід ГМО	
Водорозчинні білки, г%	0,80±0,059	0,78±0,059	-2,56
95% ДІ	0,55; 1,05	0,53; 1,03	
Cv	12,7	13,1	
Солерозчинні білки, г%	0,54±0,022	0,59±0,050	+9,26
95% ДІ	0,44; 0,63	0,37; 0,80	
Cv	7,1	14,7	
Лугорозчинні білки, г%	2,39±0,045	2,35±0,141	-1,70
95% ДІ	2,19; 2,58	1,75; 2,96	
Cv	3,2	10,4	
Креатинін, мкмоль/кг	3673,89±278,940	3921,88±357,217	+6,75
95% ДІ	2473,71; 4874,07	2384,90; 5458,86	
Cv	13,2	15,8	
ГВД, мкмоль/г	663,20±6,740	650,96±8,683	-1,88
95% ДІ	634,20; 692,20	613,60; 688,32	
Cv	1,8	2,3	
Холестерол, ммоль/кг	1,11±0,064	1,41±0,042*	+27,03
95% ДІ	0,84; 1,39	1,23; 1,59	
Cv	9,9	5,2	
Цитохромоксидаза, індоф. од.	0,10±0,008	0,10±0,003	0
95% ДІ	0,07; 0,13	0,09; 0,11	
Cv	13,2	5,1	
МДА, мкмоль/кг	27,25±2,120	36,86±2,120*	+35,27
95% ДІ	18,12; 36,37	27,74; 45,98	
Cv	13,5	10,0	
ОМБ, мкмоль/л	35,57±1,266	43,19±1,314*	+21,42
95% ДІ	30,13; 41,02	37,54; 48,84	
Cv	6,2	5,3	

Примітка: \* – p<0,05 вірогідність відносно контролю.

Серед азот-вмісних компонентів, що визначаються в м'язових екстрактах, виділяють комплекс гістидин-вмісних дипептидів. У найбільшій кількості в м'язовій тканині сільськогосподарських тварин зазначені сполуки представлені карнозином (β-аланіл-L-гістидином) і анзериним (Р-аланілметилгістидином) [8]. Карнозин здатний взаємодіяти з проміжними продуктами перекисного окиснення ліпідів, знижуючи утворення перекисів; анзерин гальмує накопичення кінцевого продукту перекисного окиснення ліпідів – малонового діальдегіду [3]. За використання раціонів зі звичайною та ГМ-соєю, їх вміст суттєво не відрізнявся. У м'ясі тварин контрольної групи їх було 663,20 мкмоль/г, а дослідної – 650,96 мкмоль/г, або на 1,88 % менше.

Холестерол забезпечує стабільність клітинних мембран. У печінці ефіри холестеролу з поліненасиченими жирними кислотами перетворюються в жовчні кислоти. З холестеролу утворюються вітамін D, стероїдні гормони (кортизол, альдостерон, естрогени і прогестерон, тестостерон) [3]. Проте, за надмірного його вмісту надлишок холестеролу накопичується на стінках артерій, утворюючи бляшки, що звужують судини. У м'ясі свиней дослідної групи, що отримували раціон з ГМ-соєю вміст холестеролу вірогідно вищий на 27,03 % (p = 0,017). Однак, варіативність була дещо нижчою, 9,9 % – у контрольній та 5,2 % – у дослідній групі.

Цитохромоксидаза відноситься до класу оксидоредуктаз, каталізує реакції відновлення кисню до води, здійснюючи 4 одноелектронних переносів від цитохрому С на молекулярний кисень. Рівень активності цитохромоксидази дає можливість визначити максимальні енергетичні можливості досліджуваного органу, в даному випадку м'язів [3]. За використання раціонів зі звичайною та ГМ-соєю її рівень не відрізнявся і становив 0,10 індоф. одиниці, як у контролі так і у досліді.

Малоновий діальдегід є кінцевим продуктом перекисного окиснення ліпідів та одним із найхарактерніших продуктів перекисного окиснення ліпідів. МДА – продукт розщеплення жирних кислот під дією вільних радикалів та подальшого пошкодження полієнових кислот. За швидкістю його утворення можливо оцінювати активацію перекисного окиснення ліпідів [3]. Його вміст у м'ясі свиней дослідної групи був вірогідно вищим на 35,27 % ( $p = 0,032$ ).

Окиснювальна модифікація білків викликає як мінімум три типи змін фізико-хімічних властивостей білкової молекули – фрагментацію, агрегацію і схильність до протеолізу. В результаті відбувається або утворення продуктів з високою функціональною активністю, або інактивація активних центрів ферментів, або модифікація білкових молекул, що може спричинити певні порушення в обміні речовин [7]. У найдовшому м'язі спини свиней дослідної групи рівень ОМБ був вірогідно вищим на 21,42 % ( $p=0,013$ ), порівняно з контрольними тваринами.

Такі зміни біохімічного складу м'яса свиней, що отримували ГМ-сою протягом двох поколінь, можуть свідчити про певний вплив генетично модифікованої сої на окремі біохімічні показники м'язової тканини свиней, особливо прооксидантно-антиоксидантної системи.

## ВИСНОВКИ

1. Фракційний склад білків м'яса свиней, вміст креатиніну, гістидин-вмісних дипептидів та активність цитохромоксидази за використання ГМ-сої не зазнали суттєвих змін.

2. За використання ГМ-сої лінії GTS 40.3.2 в складі комбікорму у м'ясі свиней дослідної групи вірогідно зросла концентрація холестеролу – на 27,03 % ( $p = 0,017$ ), малонового діальдегіду – на 35,27 % ( $p = 0,032$ ) та окиснювальна модифікація білків – на 21,42 % ( $p=0,013$ ), порівняно з контрольними тваринами, що отримували корми зі звичайною соєю.

3. Встановлені зміни біохімічного складу найдовшого м'язу спини свиней, що отримували GTS 40.3.2-сою, свідчать про можливий вплив раціонів, що містять генетично модифіковану сою на обмін речовин у свиней.

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

## BIOCHEMICAL PROFILE OF PIGS MEAT AFTER USING GM SOYBEAN IN THEIR DIET

*S. G. Zinoviev, A. M. Shostia.*

Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS  
1, Shvedska Mogila str., Poltava, 36013, Ukraine

## S U M M A R Y

The results of research in specific biochemical indexes of meat of pigs, those within two generations consumed to be fed with genetically modified soy. We investigated samples of the longest back muscles taken from 6 pigs of Poltava meat breed.

It is established that the fractional composition of proteins in pork (sarcolemmal, stromal and myofibrillar proteins), creatinine, histidine-containing dipeptides and activity of cytochrome at the use of GM soybeans have undergone significant changes. However, in experimental group in the meat of pigs significantly concentration of cholesterol had increased in 27.03 % ( $p = 0.017$ ), malondialdehyde at 35.27% ( $p = 0.032$ ) and oxidative modification of proteins to 21.42 % ( $p = 0.013$ ) comparing to control animals treated with conventional soy feed. The changes in biochemical composition of longissimus muscle of pigs treated with GTS 40.3.2 soybeans indicate a possible effect of diets containing genetically modified soy on metabolism in pigs.

**Keywords:** PIGS, MEAT, SOY, GMO, FRACTIONAL COMPOSITION OF PROTEINS, CREATININE, HISTIDINE-CONTAINING DIPEPTIDE, CHOLESTEROL OXIDASE, MALONDIALDEHYDE, PROTEIN OXIDATIVE MODIFICATION.

## БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ МЯСА СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГМ-СОИ В ИХ РАЦИОНАХ

*С. Г. Зиновьев, А. М. Шостя*

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

### А Н Н О Т А Ц И Я

В статье приведены результаты исследований отдельных биохимических показателей мяса свиней, которые в течение двух поколений употребляли корма с генетически модифицированной соей. Были исследованы образцы длиннейшей мышцы спины 6 голов свиней полтавской мясной породы.

Установлено, что фракционный состав белков мяса свиней (белки саркоплазмы, стромы и миофибрилярные белки), содержание креатинина, гистидин-содержащих дипептидов и активность цитохромоксидазы при использовании ГМ-сои не претерпели существенных изменений. Однако, в мясе свиней опытной группы достоверно возросла концентрация холестерина на 27,03 % ( $p = 0,017$ ), малонового диальдегида на 35,27 % ( $p = 0,032$ ) и окислительная модификация белков на 21,42 % ( $p = 0,013$ ) по сравнению с контрольными животными, которые получали корма с обычной соей. Такие изменения биохимического состава длиннейшей мышцы свиней, получавших ГМ-сою линии GTS 40.3.2 свидетельствуют про возможное влияние рационов, содержащих генетически модифицированную сою на обмен веществ у свиней.

**Ключевые слова:** СВИНЬИ, МЯСО, СОЯ, ГМО, ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ, КРЕАТИНИН, ГИСТИДИН-СОДЕРЖАЩИЕ ДИПЕПТИДЫ, ХОЛЕСТЕРОЛ, ЦИТОХРОМОКСИДАЗА, МАЛОНОВЫЙ ДИАЛЬДЕГИД, ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ.

### Л І Т Е Р А Т У Р А

1. *Антипова Л. В.* Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М.: Колос, 2004. – 571с.
2. *Беляев М. С.* Карнозин как фактор эндозекологической защиты организма от повреждений, вызванных окислительным стрессом: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.04 / М. С. Беляев. – М., 2008. – 23с.
3. *Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф.* Биологическая химия: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Медицина, 1998. – 704 с.: ил.– (Учеб. лит. Для студентов мед. вузов).

4. *Влізла В. В.* Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині [Текст]: довідник / В. В. Влізла, Р. С. Федорук, І. Б. Ратич та ін.; за ред. В. В. Влізла. – Львів : СПОЛОМ, 2012. – 764 с.
5. *Долайчук О. П.* Фізіологічний вплив бобів сої нативного та трансгенного сортів на організм самок шурів третього покоління / О. П. Долайчук, Р. С. Федорук, І. І. Ковальчук, М. І. Храбко // Біологія тварин. – 2013. – т. 15, № 3. – С. 22–30.
6. *Дубинина Е. Е.* Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения / Е. Е. Дубинина, С. О. Бурмистрова, Д. А. Ходов, И. Г. Поретов // Вопросы мед. химии. – 1995. – № 1. – С. 24–26.
7. *Копытова Т. В.* Окислительная модификация белков и олигопептидов у больных хроническими дерматозами с синдромом эндогенной интоксикации / Т. В. Копытова, О. Н. Дмитриева, Л. Н. Химкина, Г. А. Пантелеева // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 6. – С. 25–29.
8. *Лисицын А.* Теория и практика переработки мяса / А. Лисицын. – М.: ВНИИМП, 2006. – 391 с.
9. Методики исследований по свиноводству. – Харьков: ВАСХНИЛ. Южное отделение, 1977. – С. 69–83.
10. Посібник з експериментально-клінічних досліджень в біології та медицині // Під ред. І. П. Кайдашева, О. В. Катрушова, В. М. Соколенко. – Полтава, 1996. – 271с.
11. *Hilbeck A.* No scientific consensus on GMO safety / Angelika Hilbeck, Rosa Binimelis, Nicolas Defarge [et al.] // Environmental Sciences Europe, 2015, 27:4.
12. ISAAA's GM Approval Database. <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/>.
13. *Magaca-Gymez, J. A.* Risk assessment of genetically modified crops for nutrition and health. / Magaca-Gymez J. A, Calderyn de la Barca A. M. // Nutrition Reviews. 2008. – V. 67, № 1. – P. 1–16.
14. *Malatesta M.* Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean / M. Malatesta, C. Tiberi, B. Baldelli [et al.] // Eur. J. Histochem., 2005. – V. 49. – P. 237–242.
15. *Snell C.* Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review / C. Snell, A. Bernheim, J. Bergé [et al.] // Food and Chemical Toxicology, 2012. – 50 (3-4). – P. 1134–1148.
16. *Stanton A. Glantz.* Primer of biostatistics: sixth edition. McGraw-Hill Professional, 2005. – 520 p.
17. *Straus W.* Colorimetric microdetermination of cytochromoxydase / W. Straus // The Journal of Biological Chemistry. – 1954. – V.207, N2. – P. 733–743.

**Рецензент** – П. В. Денисюк, к. б. н., завідувач лабораторії фізіології відтворення Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН.