

УДК: 633.34

© 2012

Обертюх Ю. В., кандидат сільськогосподарських наук

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН

АНТИ ПОЖИВНІ РЕЧОВИНИ СОЇ, ЇХ ІНАКТИВАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СОЄВИХ БОБІВ НА ПРОМИСЛОВІЙ ОСНОВІ Й В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

Висвітлені проблеми інактивації анти поживних речовин соєвих бобів, технології переробки сої на різних типах обладнання на промисловій основі й в умовах господарства.

Ключові слова: *соя, анти поживні речовини соєвих бобів, технології переробки соєвих бобів.*

До анти поживних речовин сої належать: інгібітори протеаз; антивітаміни А, D, E, B₁₂; сполуки, що знижують доступність деяких мікроелементів (Zn, Mn, Cu, Fe); алкалоїди; лектини або фітогемаглютеніни; алергени; антигормони, що викликають зоб, і естрогенні ізофлавоноїди – геністеїн і даїдзеїн; олігосахариди – стахіоза, рафіноза й вербаскоза, які викликають метеоризм; ферменти – уреаза, ліпаза й ліпоксігеназа. Анти поживні речовини викликають у тварин пригнічення росту, зниження ефективності використання корму, захворювання зобом, гіпертрофію підшлункової залози в дрібних тварин, гіпоглікемію і порушення діяльності печінки та їх загибель.

Інгібітори протеаз. До інгібіторів протеаз відносяться інгібітори трипсину та хімотрипсину — це речовини, які закладені самою природою в соєвий біб для його захисту від поїдання птахами, гризунами та від розвитку в ньому мікрофлори. Якщо сира соя вживається нежуйними тваринами, інгібітори протеаз зв'язують ферменти трипсин та хімотрипсин, які виділяються підшлунковою залозою тварин, і, тим самим, знижується ефективність перетравлення білка корму. Згодовування нативних бобів сої веде до зниження темпів росту тварин і до зменшення коефіцієнту конверсії кормів. У сирих бобах сої присутні два основні інгібітори протеаз – інгібітор Кунітца й інгібітор Баумана-Бірка. Останній більш стійкий до дії тепла, лугів та кислот. У сирих бобах сої наявність цих інгібіторів складає 1,4 і 0,6 % відповідно. Максимально допустима активність інгібіторів трипсину для молодняку тварин 3 мг/г на натуральну сою або на кожні 10 % протеїну повинно припадати не більше 1 мг/г інгібіторів трипсину.

Гемаглютеніни (лектини). Лектини або фітогемаглютеніни сої – це глікопротеїди, вміст яких в бобах складає 3 %, із ними пов'язують токсич-

ність бобів сої, вони викликають множинні тромбози в капілярах слизової оболонки шлунково-кишкового тракту тварин, що призводить не тільки до різкого зниження засвоєння їжі, але й до значного розладу функції травлення [8]. Установлено також, що, крім еритроцитів, лектини можуть аглютинувати й інші тваринні клітини, зокрема епітеліальні клітини слизової оболонки кишечника й лімфоцити. Соеві лектини зменшують виробництво інсуліну в щурів [3] і знижують затримку азоту в організмі тварин та підвищують виділення азоту з сечею, вказуючи на зв'язок із білковим обміном [4].

Сапоніни. Сапоніни – це глюкозиди, яких в сої порівняно небагато (0,43—0,83 %; [7; 6]). Сапоніни – поверхнево-активні речовини які є медіаторами (посередниками) мембранного транспорту в рослині [5]. Вони надають сирим бобам гіркий присмак і мають гемолітичну дію на червоні кров'яні тільця. В якості анти поживного фактора їх роль не визначена.

Антигормони. До факторів, що викликають гормональні розлади у тварин, відносяться глюкозиди, які належать до групи естрогенних ізофлавоновів, таких як геністеїн і даїдзеїн, вміст яких близько 0,1 % у білку бобів сої. Вони в експериментах на самках щурів і мишей викликали естрогенну реакцію та знижували вміст кальцію в кістках, що сприяло розвитку рахіту. Досить шкідливі естрогенні ізофлавонони для репродуктивного здоров'я тварин. Вони блокують ароматазу, це фермент який перетворює андрогени в естрогени, а в самців – 5-альфа-редуктазу, що пригнічує синтез дигідротестостерону. Також естрогенні ізофлавонони пригнічують секрецію лютеїнізуючого гормону та стимулюють синтез печінкою білка який зв'язує вільні статеві гормони.

При згодовуванні тваринам і птиці сирих бобів сої збільшується щитовидна залоза — зоб. Сполука, що викликала захворювання на зоб, була виділена із бобів сої й охарактеризована як олігопептид. Захворювання може бути частково компенсоване препаратами йоду або термічною обробкою корму. У дослідях на птиці показано, що підвищення активності уреазі в соєвому шроті з 0,1 до 0,4 рН знижує концентрацію зв'язаного з білками йоду й тироксину та збільшує вміст трийодтиронину (в 2,7 разу) в крові. Є багато свідчень про захворювання зобом дітей, які отримували соєве молоко.

Антивітаміни. Термічно необроблене зерно сої при додаванні до раціону птиці викликає у неї рахіт, але захворювання можна уникнути, якщо додавати до корму вітамін D₃ понад норму або згодовувати термічно оброблене зерно сої.

Сира соя також викликає в птиці підвищену потребу у вітаміні Е. Про дефіцит вітаміну Е судили за швидкістю росту наявності ексудативного діатезу, розм'якшенню мозку і смертності. Руйнування вітаміну Е відбувається під дією α -токоферолоксидази, що міститься в сирому зерні сої.

У зерні сої також виявлені термостабільний антивітамін А та термолабільний антивітамін В₁₂.

Алергени. Запасні білки сої Гліцинін β -конгліцинін в молодняку тварин викликають алергічну реакцію. Відомі випадки алергічних реакцій і в людею, особливо дітей, на вміст у продуктах харчування бобів сої. Не дивлячись на те, що, алергени стійкі до дії тепла, важко сказати із впевненістю, що вони негативно впливають на тварин, крім телят на підсосі та поросят при дорощуванні та відгодівлі. Відомі випадки розпухання суглобів у молодих тварин.

Металозв'язуючі речовини. Введення в раціон тварин термічно необробленої сої знижує доступність таких мікроелементів як цинк, марганець, мідь і залізо. Високу спорідненість до іонів металів мають білково-фітинові комплекси, що міститься в сої.

Олігосахариди. Відомо, що бобові викликають метеоризм, це відбувається, коли для годівлі використовують корми, що містять неперетравлювані організмом моно гастричних тварин олігосахариди, такі як стахіоза, рафіноза й вербаскоза, які споживаються мікрофлорою кишечника. У перерахунку на суху речовину боби сої містять 4,5 % сахарози, 1,1 % рафінози, 3,7 % стахіози і слідові кількості арабінози і глюкози при загальній кількості цукрів – 9,3 %. Пророщування бобів сої, обробка ферментами, чи екстракція спиртом значно знижує вміст цих сполук. При замочуванні бобів сої протягом 2-х годин частина олігосахаридів із бобів переходить у воду.

Ферменти. Такі ферменти як ліпаза і ліпоксидаза викликають гідроліз і окислення соєвого жиру, при цьому утворюються окисленні продукти поліненасичених жирних кислот які проявляють високу біологічну активність по відношенню до клітинних мембран. При високій концентрації їх в кормі може спостерігатися отруєння тварин. Термічна обробка зерна інактивує ці ферменти, що зменшує вміст перекисів ліпідів та вільних жирних кислот навіть при тривалому зберіганні сої [2]. Уреаза – це фермент, під дією якого відбувається гідроліз сечовини до аміаку і вуглекислого газу. Уреаза бобів сої в шлунку тварини розщеплює сечовину шлункового соку, чим залужує середовище навколо часточок корму, що перешкоджає дії пепсину. Також, розщеплюючи сечовину кишкового соку уреазу вивільнює аміак який є токсичним для організму тварин. Показник активності уреазу дає змогу непрямим методом оцінити необхідну ступінь обробки бобів сої. Так, безпечна активність уреазу в термічно обробленому зерні сої та продуктах його переробки крім соєвого молока і пасти для молодняку тварин повинна становити не більше 0,05 од. рН, на відгодівлі – 0,1 од. рН, для корів – 0,2—0,3 од. рН.

Необхідність теплової обробки бобів сої при використанні на кормові цілі

Якщо зерно сої не піддати попередній тепловій обробці, то його не можна використовувати в годівлі сільськогосподарських тварин. Більше того, такий корм може ще й негативно вплинути на здоров'я тварин. Це тому, що в сої є активні анти поживні речовини білкової природи, що втрачають свою активність при дії термічного фактора. Однак, низькомолекулярні сполуки антигормони і антивітаміни мають високу термостабільність. Контроль за знешкодженням анти поживних речовин і придатність до згодовування тваринам кормів із сої у світовій практиці проводиться шляхом визначення активності інгібіторів трипсину. Інгібітори трипсину володіють приблизно половиною анти поживної активності серед анти поживних сполук бобів сої, вони також найбільш термостабільні порівняно з іншими білковими анти поживними речовинами. На практиці рівень термоінактивації анти поживних речовин у бобах сої визначають за активністю уреаз, інактивація якої відбувається паралельно з інактивацією інгібіторів трипсину. Однак, ця залежність характерна для соєвих бобів із стандартною вологістю. Підвищення вологості бобів пришвидшує інактивацію уреаз і навпаки уповільнює інактивацію інгібіторів трипсину, наприклад у соєвому «молоці» уреаз зникає вже після першої хвилини його кипіння, тоді як активність інгібіторів трипсину зберігається протягом 1—1,5 години кип'ятіння. За нашими даними активність інгібіторів трипсину яка є безпечною для молодняку тварин не повинна перевищувати 3 мг/г, а величина активності уреаз не повинна перевищувати 0,05 умовної одиниці рН. Для дорослих тварин ці величини можуть бути збільшені вдвічі.

Висока температура обробки бобів негативно впливає на доступність лізину сої. При цьому утворюються сполуки лізину з амінокислотами і редуруючими цукрами, які мають коричневе забарвлення. При баротермічній обробці втрачається 15—20 % лізину, при прожарюванні його вміст може знизитись удвічі. Тому вважається доцільним додавання лізину в раціони для моно гастричних тварин, які містять термічно оброблені соєві боби.

Способи інактивації анти поживних речовин бобів сої

Теплова обробка здавна використовується як основний метод руйнування анти поживних речовин які знаходяться в сирих соєвих бобах. Розроблені різні технології в основу яких покладено єдиний принцип: боби нагріваються протягом певного часу (табл. 1). Процес термоінактивації анти поживних речовин сої до заданого рівня за часом має нелінійний характер, що можна представити наступним рівнянням $t = aT^{-b}$, де t – час термообробки, T – температура, a і b – коефіцієнти характерні для даного способу обробки (рис. 1). У результаті термообробки підвищується поживна

цінність бобів, а саме: перетравність білків зростає до 90 %, значно знижується зараженість бобів мікрофлорою.

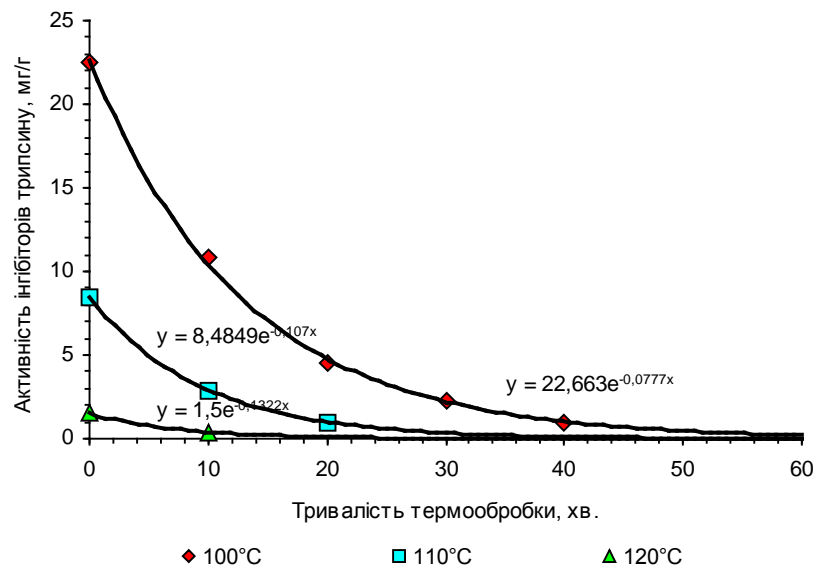


Рис. 1. Руйнування інгібіторів трипсину зерна сої при 100°C, 110°C, 120°C у залежності від тривалості термообробки

Екструзія — за цим способом цілі чи подрібнені боби сої пропускають через екструдер в якому під дією тиску 25—30 атм. і температури 140—145°C відбувається руйнування анти поживних речовин на 92—95 %.

Існує два способи екструдуювання бобів сої:

- суха екструзія при якій подаються боби вологістю 10—13 % і за рахунок стискання маси і тертя підвищується температура корму;
- волога екструзія, при якій у камеру екструдера подається пара і вологість маси підвищується до 25—30 %.

Сучасні технології екструдуювання передбачають як типово суху екструзію (екструдуювання йде за допомогою тепла, яке виробляється в процесі проходження зерна через декілька шнекових обмежувачів у корпусі екструдера), так і можливість використання при екструдюванні пару. В останньому випадку екструдер може бути обладнаним камерою попередньої обробки зерна парою (кондиціонером). Використання пари подвоює продуктивність і зменшує зношення робочих поверхонь на 22—28 %.

1. Характеристика промислових способів теплової обробки бобів сої [1]

Спосіб обробки	Режим обробки			Застосоване обладнання	Примітка
	тривалість, хв.	температура, °С	надлишковий тиск пари, МПа		
Варіння або запарювання	60	100	–	Пароварильний котел МЗС-244а, 374, Д9-41А, ВК-1	Невисока продуктивність, низька ефективність обробки
Прожарювання	10-20	180-200	–	Обжарювальний агрегат А9-ЮЖА, газова піч, сушильня ВС-10-49	Невисока продуктивність, втрати поживних речовин
Екструдкування	0,2-0,3	110-160	2,03-3,0	Екструдери КМЗ-2, КМЗ-2М, ПЭК-125×8	Низька продуктивність, швидкий знос конструктивних частин
Мікронізація	1,0-1,5	140-200	–	Конвеєрні установки для мікронізації	Низька продуктивність, значні енергетичні затрати, втрати поживних речовин
НВЧ-обробка	6-9	110	–	НВЧ-печі конвеєрного і карусельного типу	Невисока продуктивність, високий коефіцієнт корисної дії, шкідливе випромінювання
Волого-теплова обробка	5-30	120-140	0,1-0,3	Пропарювачі АСК-5 і АСК-10, апарат Неруша, А9-5П5, шнековий пропарювач, вібропропарювач, тепла камера КТС-02	Висока питома продуктивність і ефективність обробки, низька енергоємність

Обладнання яке присутнє на ринку України, має досить високу енергоємність процесів екструдкування, що не завжди буває доцільним при невеликих об'ємах переробки соєвих бобів (табл. 2).

Слід зауважити, що екструдер повинен бути спеціально призначений для переробки соєвих бобів, будь-який інший екструдер, наприклад для екструдкування зерна злаків, не підходить, тому що не створюється відповідна висока температура для інактивації анти поживних речовин.

Екструдер для екструдкування бобів сої Insta-Pro 2000 виробництва США, дає можливість екструдувати боби сої натуральної вологості при температурі на виході 140—160°С і одержувати високоякісний корм із уразною активністю 0,05—0,1 од. рН для всіх видів сільськогосподарських тварин і птиці.

Екструдер ЕЗ-Ф-300У випускає ВАТ «Черкаське обласне підприємство «Агросервіс», установка екструдювання сої УЕС-Ф-800У виробництва ВАТ «Пальмірське РТП». Нині проходять випробування прес-екструдери ПЕК-125х6, ПЕК-125х8Ж і ПЕК-125х8С виробництва ВАТ «УкрНДІПЛАСТМАШ». Екструдери BRONTO виробництва ЧеркасиЕлеваторМаш моделей Е-250, Е-500, Е-1000 та Е-1500 широко застосовуються у комбікормовій промисловості.

2. Енерговитратність процесу екструдювання обладнанням яке присутнє на ринку України

Марка екструдера	Енерговитратність екструдювання, кВт. год./кг	Виробник
ЕЗ-210М	0,15-0,16	АТ «Черкасиелеватормаш»
ЕЗ-150	0,12-0,13	АТ «Черкасиелеватормаш»
ЕЗ-250	0,10-0,11	НВФ «Ваксан», Умань
ЕЗ-350	0,08-0,09	НВФ «Ваксан», Умань
УЕС-Ф-800У	0,06-0,07	Пальмірське РТП, Черкаси
КМЗ-2М	0,07-0,08	Білорусь, Мінськ
ПЕС-250	0,14-0,16	ВО «Уманьферммаш»
ЕК-75/1200	0,05-0,06	ТОВ «Екструдер», Харків
ЕН-500	0,10-0,11	З-д «Електромаш», Харків
ПЕК-125х6С	0,11-0,18	ВАТ «УкрНДІпластмаш», Київ

Волого-теплова обробка. В Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН сконструйована баротермічна камера порційної дії, яка має перспективу для виробництва кормів із не знежиреної сої, оскільки переважає за глибиною інактивації інгібіторів трипсину існуючі технології, завдяки рівномірній термічній обробці маси бобів. При обробці бобів у баротермічній камері порційної дії одночасно відбувається три процеси: нагрівання бобів шляхом контактної передачі тепла від поверхні нагрівальних елементів, активне перемішування зернової маси і пропарювання за рахунок власної вологості бобів. Оптимальний режим обробки в баротермічній камері знаходиться при нагріві бобів до 110°C протягом 20 хвилин. При цьому уреазна активність знижується до 0,01—0,02 од., а вміст інгібіторів трипсину становить 1—1,5 мг/г що забезпечує найвищу глибину знешкодження анти поживних речовин.

Соєва макуха

Соєву макуху одержують пресуванням сої на пресах. Для цього зерно сої очищають від домішок і подрібнюють на молоткових дробарках, подрібнену масу подають через магнітний сепаратор в екструдер. Далі гарячий екструдат подається на прес де віджимають 40—45 % олії від її вмісту в бобах і одержують соєву макуху. Соєва макуха містить 40—43 % білка та 9—10 % жиру. Енергетична поживність соєвої макухи становить 15,5 МДж обмінної енергії.

Слід відзначити, що високий вміст олії в повножирових соєвих бобах негативно впливає на якість сала при заключній відгодівлі свиней. Тільки в раціонах птиці є економічно доцільним використовувати до 25 % не знежиреної сої. Також спостерігається негативний ефект на процеси мікробної ферментації в рубці жуйних тварин при використанні повножирової сої яка не пройшла високотемпературної обробки. Однак, у процесі прожарювання бобів відбувається значна денатурація протеїну сої, що створює умови для захисту жиру від розщеплення в рубці. Тоді розщеплення соєвого білка і вивільнення жиру відбувається в кишечнику.

Технологія виробництва соєвого молока

Для виготовлення соєвого «молока» відбираються лише дозрілі кондиційні соєві боби. З твердонасінних сортів сої виготовити соєве «молоко» неможливо по причині тривалого не набухання у воді, що не дає можливості провести його гомогенізацію.

Для виготовлення одноразової партії соєвого «молока» в ТОВ «Липовецьке» м. Липовець Вінницької обл. на установці УПСМ-2 (ПП «Монтаж-сервіс», м. Жмеринка Вінницької обл.) відважують 25 кг бобів сої які поміщаються у ванну для набухання і до яких доливається 75—100 л води. Повне набухання соєвих бобів триває 14—16 годин. При заливанні соєвих бобів підігрітою до 50—55°C водою тривалість набухання сої зменшується до 2,5—3 годин.

Після завершення замочування надлишок води зливається, а набухлі соєві боби завантажуються вручну в конусний бункер пристрою подрібнення (з урахуванням збільшення маси внаслідок замочування). Сюди ж подають воду. Співвідношення сої й води — від 1 : 3 до 1 : 9, що в загальному об'ємі становить 240 літрів. У варильному чані водно-соєва суспензія підігрівається до 103°C і витримується протягом 40-60 хвилин. Виготовлення соєвого «молока» на цій установці дає змогу отримати корм із вмістом інгібіторів трипсину на рівні 2—3 мг/г. Слід зазначити, що ступінь інактивації анти поживних речовин у соєвому «молоці» необхідно контролювати тільки за показником вмісту інгібіторів трипсину, оскільки уреазна активність зникає відразу після початку кип'ятіння продукту, в той же час

активність інгібіторів трипсину перебуває на високому, недопустимому для згодовування тваринам рівні.

Використовуються, також, гідродинамічні установки ТЕК-СМ розробки науково-виробничого підприємства «Інститут «ТЕКМАШ» і ТОВ «Інженерно-технологічний центр «ТЕКМАШ», які ґрунтуються на використанні принципу кавітації. Вони застосовуються для переробки зернобобових культур на вологі кормові суміші, соєву пасту і «молоко». Процес розмелення та теплової обробки здійснюється в спеціальних профільованих насадках за рахунок гідродинамічних явищ. Принцип дії обладнання полягає в прямому перетворенні електричної енергії в теплову (нагрівання зерно-водяної суміші) з коефіцієнтом корисної дії не менше як 90 %. Установка складається із насоса з електричним приводом, бункера, куди йде завантаження складових (соєа, вода, добавки) і спеціальної насадки, де здійснюється процес розмелення та нагрівання суміші до температури знешкодження анти поживних речовин і патогенної флори.

Термохімічний спосіб знешкодження анти поживних речовин бобів сої

В Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН розроблена технологія знешкодження анти поживних речовин бобів сої, яка ґрунтується на їх термічній обробці в 2,5 %-му розчині гідроксиду кальцію. Суть технології знешкодження анти поживних речовин в зерні сої полягає в тому, що боби подрібнюють на ДКУ до борошна, замочують водою в співвідношенні 1:4. У процесі замочування в таку кормову масу додають гідроксид кальцію в кількості 25 г/кг борошна. Величина рН суміші становить 11,6—12,0. Одразу після замочування суміш нагрівають до температури 90—95°C при постійному помішуванні. Нагрівання можна здійснювати в будь-яких котлах типу ВК-100, ВК-1 при допомозі гострої пари (ВКВ-300). Процес термообробки при заданій температурі триває 40 хв. Потім корм охолоджується до температури навколишнього середовища і після цього безпосередньо перед згодовуванням здійснюється нейтралізація підсиною (післяказеїновою) молочною сироваткою кислотністю 60—80°Т в кількості 4,2—5,2 л, або лимонною кислотою в кількості 14,0—16,8 г, або комбінацією суміші молочної сироватки та лимонної кислоти в кількості 2,1—2,6 л : 7,0—8,4 г відповідно на 1 кг борошна.

Обробка бобів сої по розробленій технології дає змогу отримати корм без уреазної активності, а вміст інгібітору трипсину знаходиться на рівні 2—3 мг/г.

Бібліографічний список

1. Адамень Ф. Ф., Сичкарь В. И., Письменов В. Н., Шерстобитов В. В. Соя: промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания. – К.: Нора-принт, 1999. – 333 с.
2. Монари С. Е. Справочник по использованию необезжиренной (полножирной) сои в кормлении животных птиц и рыб: Пер. с англ. — Американская соевая ассоциация, 1992. – 44 с.
3. Bardocz S., Grant G., Puztai A. et al. The effect of phytohaemagglutinin at different dietary concentrations on the growth, body composition and plasma insulin of the rat // *British Journal of Nutrition*. – 1996. – V. 76. – P. 613—626.
4. Czerwiński J., Leontowicz H., Leontowicz M., Gralak M. A. Response of rats to a moderate intake of soybean lectin // *J. Anim Feed Sci*. – 2005. – V. 14, Suppl. 1. – P. 537—540.
5. Francis G., Makkar H.P.S., Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish // *Aquaculture*. – 2001. – V. 199. – P. 197—227.
6. Goda Y., Akiyama H., Suyama E. et al. Comparison of soyasaponin and isoflavone contents between genetically modified (GM) and non-GM soybeans // *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*. – 2002. – V. 43. – P. 339—347.
7. Ireland P. A., Dziedzic S. Z., Kearsley M. W. Saponin content of soya and some commercial soya products by means of high-performance liquid chromatography of the saponinins // *J. Sci. Food Agric*. – 1986. – V. 37. – P. 694—698.
8. Lajolo F. M., Genovese M. I. Nutritional significance of lectins and enzyme inhibitors from legumes // *Journal of agricultural and food chemistry*. — 2002 – 50 (22). – P. 6592-8.

Обертюх Ю. В. Антипитательные вещества сои, их инактивация и технологии переработки соевых бобов, на промышленной основе и в условиях хозяйства // Корми і кормовиробництво – 2012. – Вип. – 71. – С. 62—71.

Освещены проблемы инактивации антипатательных веществ соевых бобов, технологии переработки сои на разных типах оборудования на промышленной основе и в условиях хозяйства.

Obertyukh Y. V. Anti-nutritious substances of soybean, their inactivation and technologies of soy bean processing on the industrial basis and in farming conditions. // Feeds and Feed Production. – 2012. – Issue 71. – P. 62—71.

The problem of inactivation of anti-nutritious substances of soy beans, the technologies of soybean processing using different types equipment on the industrial basis and in farming conditions are highlighted.