

- Висновки.** 1. За вмістом сирого протеїну у найдовшому м'язі спини, туші тварин всіх груп мали високу якість, але тварини 3- та 4-ї дослідних груп переважали контрольних аналогів на 0,8–0,9 %.
2. Хімічний аналіз середньої проби печінки свідчить про відсутність істотної різниці між досліджуваними групами тварин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко Н. В. Альтернатива кормовим антибиотикам / Н. В. Бойко, А. К. Карганян, А. И. Петенко // Ефективні корми і годівля. – 2006. – № 2. – С. 4–9.
2. Гусятинський Я. Що таке ферменти? / Я. Гусятинський // Ветеринарна медицина України. – 2003. – № 2. – С. 38–39.
3. Кузнецов С. Г. Ферментные препараты в кормлении свиней / С. Г. Кузнецов, В. Д. Омельченко, А. С. Кузнецов // Зоотехнія. – 2000. – № 10. – С. 13–17.
4. Ібатулін І. І. Годівля сільськогосподарських тварин. [Підручник] / І. І. Ібатулін, Д. О. Мельничук, Г. О. Богданов [та ін.]. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 616 с.
5. Свинарство і технологія виробництва свинини / [В. І. Герасимов, Л. М. Цицорський, Д. І. Барановський та ін.]; за ред. В. І. Герасимова. – Х.: Еспада, 2003. – 448 с.
6. Стегній Б. Т. Пробиотики у тваринництві / Б. Т. Стегній, О. С. Гужвинська // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 2. – С. 26–29.

Химический состав мяса при скармливанні протекто-актива и мацеразы молодняка свиней

О.О. Чернявский

Показано влияние скармливания протекто-актива и мацеразы на химический состав мяса и печени у молодняка свиней. Установлено, что протекто-актив в комплексе с мацеразой способствует повышению содержания протеина в мясе, животных 3- и 4-й опытных групп на 0,8–0,9 %, по сравнению с контрольными аналогами, а химический анализ средней пробы печени свидетельствует об отсутствии существенной разницы между исследуемыми группами животных.

Ключевые слова: молодняк свиней, рационы, протекто-актив, мацераса, мясо, туша.

Chemical composition of meat for feeding protecto-active and matserazy young pigs

A. Chernayvskiy

The influence of feeding Protecto-active and Matseraza the chemical composition of meat and liver in young pigs. Found that Protecto-active together with Matseraza promotes protein content in meat, the animals of the 3rd and 4th experimental group by 0.8 - 0.9%, compared with control counterparts, as chemical analysis of the average sample liver shows no significant difference between the studied groups of animals.

Key words: young pigs, rations, Protecto-active, Matseraza, meat.

УДК 602.4:636.4.087.7

МАЛЯР Д.Д., ШАДУРА Ю.М., аспіранти

БІТЮЦЬКИЙ В.С., д-р с.-г. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ПРЕБІОТИКІВ – ОЛІГОЦУКРІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Розроблена ресурсозберігаюча біотехнологія одержання пребіотичного комплексу з використанням мембранних технологій та екологічно нешкідливих біокатализаторів спрямованої дії для одержання пребіотиків із необхідними властивостями.

Ключові слова: пребіотики, інулін, фруктоолігоцукри, пектин, топінамбур, ультрафільтрація, нанофільтрація.

Актуальним завданням біотехнології є одержання пребіотиків – речовин для підтримки нормальної мікрофлори шлунково-кишкового тракту тварин та птиці. Відповідно до існуючих критеріїв, до пребіотиків можуть бути віднесені речовини, що володіють стійкістю до шлункового соку, які не перетравлюються ферментами шлунково-кишкового тракту і не всмоктуються в ньому, а також ферментуються ферментними системами нормальної мікрофлори і вибірково стимулюють її розмноження та/або міняють її функціональну активність [1-2]. На сьогодні з погляду двох принципово важливих моментів – специфічної ферментації тільки бактеріальним пулом і зміною активності/чисельності строго певних корисних популяцій мікроорганізмів (переважно біфідо- і лактобактерій) – найбільшою мірою ці критерії задовольняють інулін, фруктоолігоцукри та деякі інші олігоцукри, зокрема низькоетерифікований пектин [1,3,4]. Сучасними дослідженнями встановлено, що інулін та фруктоолігоцукри селективно стимулюють ріст та метаболічну активність біфідо- та лактобактерій і інгібують ріст потенційно патогенних бактерій [5].

Інулін – високомолекулярний фруктан, що є полімером D-фруктози, молекули якої з'єднані між собою 1,2-глюкозидними зв'язками та мають термінальну молекулу глюкози. В основному інулін отримують з цикорію, який культивують в Бельгії та Голландії. На світовому ринку промисловими виробниками є бельгійські компанії Veneo-Orafti та Cosucra і голландська компанія Sensus. Останнім часом зростає виробництво інуліну, особливо з топінамбура (*Helianthus tuberosus*), в Китаї [6].

Увага дослідників спрямована на вивчення пребіотичних властивостей цих сполук та поширення їх арсеналу, адже пребіотичні добавки, в тому числі на основі фруктанів (інуліну та фруктоолігоцукрів) є комерційними продуктами. Крім того, виходячи зі світової тенденції до використання про- та пребіотиків як альтернативи антибіотикам дослідження у цьому напрямку є актуальними. Світовий та вітчизняний ринок фруктанів досі ненасичений та може бути поповнений завдяки впровадженню новітніх біотехнологій [6].

Одним з шляхів вирішення проблеми одержання пребіотиків заданого хімічного складу є використання екологічно безпечних нетрадиційних сировинних ресурсів рослинного походження. Тому актуальним є розроблення технології одержання вітчизняних пребіотичних продуктів на основі місцевої рослинної сировини, зокрема інуліноносіїв для одержання інуліну та фруктоолігоцукрів. Перехід від традиційних хімічних технологій одержання даної продукції до біотехнологічних методів є єдиною можливістю для створення маловідходних технологій та екологічно чистих виробництв – екобіотехнологій [7].

Важливим напрямом таких досліджень є розробка біотехнології одержання пребіотичних компонентів з топінамбура – інуліноносу, багатого на велику кількість цінних біологічно активних сполук протекторної та пребіотичної дії – з метою добування інуліну, низькомолекулярних фруктоолігоцукрів та пектину для подальшого застосування з метою підвищення резистентності та продуктивності тварин. На відміну від антибіотиків, пребіотики не накопичуються в організмі тварин, не погіршують дієтичних властивостей продукції та не впливають негативно на організм людини при використанні їх у їжу. Таким чином, включення в корми пребіотичних добавок, які мають широкий спектр дії, є перспективним напрямом для використання їх в годівлі тварин.

Метою роботи була розробка ресурсозберігаючої біотехнології одержання фруктанів з використанням мембранних технологій та екологічно нешкідливих біокатализаторів спрямованої дії для одержання пребіотиків із заданими властивостями.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом досліджень були бульби топінамбура (*Helianthus tuberosus*) урожаїв 2009–2010 рр., які вирощували у Київській області.

В дослідженнях використовували ферментні препарати виробництва БТУ-Центр м. Ладижин. Визначали такі показники: масову частку сухої речовини, аналітичні характеристики пектинових сполук – кондуктометричним титруванням. Вміст інуліну та фруктози визначали спектрофотометричним методом [8]. Ультрафільтрацію та нанофільтрацію в тангенційному режимі проводили на модульному біотехнологічному обладнанні НДІ екології та біотехнології БНАУ з використанням керамічних та сульфонамідних мембранних блоків.

Результати досліджень та їх обговорення. З точки зору рентабельності виробництва олігоцукрів топінамбур має велике значення, тому що на першій стадії можливо отримання інуліну та фруктоолігоцукрів, а на другій – виділять пектин, вміст якого у топінамбурі більший, ніж у деяких сортах яблук. Ефективність процесу розділення напівпродуктів (інуліну, фруктоолігоцукрів та пектину), заключається в максимальному переводі інуліну та олігофруктозанів сировини в розчин, їх оптимальному гідролізі та мініимальному руйнуванні протопектину і визначається як вихідним біохімічним складом топінамбура, в тому числі активністю та характером дії ферментів, які беруть участь в гідролізі вуглеводів сировини, так і способами та режимними параметрами стадій одержання кінцевих продуктів.

Відомі способи одержання інулін-пектинового концентрату, які включають наступні стадії: з подрібнених бульб топінамбура або з порошку висушених бульб топінамбура здійснюють екстрагування при нагріванні, потім випаровують, охолоджують, додають етиловий спирт та витримують протягом 5 діб за температури 3–4 °С, отримують сиру (неочищену) фракцію інуліну та водорозчинного пектину, яку відділяють на фільтрі та висушують. Із залишених вижимок екстрагують пектини за допомогою водного розчину цитратної кислоти з наступним осадженням сирого (неочищеного) пектину етиловим спиртом. Інший метод передбачає використання як екстрагента розчину оцтової кислоти при 65–90 °С, відділення та осадження продукту шляхом центригування та випаровування, кристалі-

зацію інуліну етиловим спиртом за температури 8–10 °С протягом 6 годин. Одержаний продукт відділяють центрифугуванням та висушують при 38 ° [9-10].

Ці методи мають ряд суттєвих недоліків: використання кислот, що становить екологічну небезпеку; застосування пожежонебезпечних реагентів (етанол), для забезпечення необхідних параметрів процесу екстракції необхідні додаткові витрати на використання холодоагентів, а довготривалий процес екстракції збільшує вартість технології та собівартість кінцевого продукту.

В основу розробленої технології покладено створення способу одержання інуліну, фруктоолігоцукрів та пектину з рослинної сировини за безвідходною та екологічно чистою технологією [11].

Поставлене завдання вирішується тим, що у розробленому способі одержання інулін-пектинового концентрату, який включає використання ферментів та процесів ультра- та нанофільтрації, після відмивання бульб топінамбура водою їх подрібнюють, висушують, після цього проводять екстрагування інуліну гарячою водою, гомогенат розділяють на тверду і рідку фракції сепаруванням. В рідкій фракції визначають уміст фруктози, потім поділяють на 2 частини. В одну частину додають екзогенний фермент, що має інуліназну активність, проводять гідроліз протягом 2–3 годин, аналізують уміст фруктози, концентрують одержані фруктоолігоцукри шляхом нанофільтрації, висушують напівпродукт 1. Другу частину екстракту очищають шляхом ультрафільтрації, а потім концентрують, отриманий напівпродукт 2 висушують. Тверду фракцію піддають біокаталізу за допомогою ферментного комплексу, після цього пектиновмісний екстракт очищують та розділяють на низько- та високомолекулярні фракції з одночасним концентруванням за допомогою ультрафільтрації та нанофільтрації. Отриманий напівпродукт 3 об'єднують з напівпродуктами 2 та 1, висушують та отримують кінцевий продукт, який містить суміш інуліну, пектину та фруктоолігоцукрів.

Технологічна схема одержання пояснюється такими прикладами її виконання:

Приклад 1. 50 кг бульб топінамбура миють водою та подрібнюють, висушують при температурі 40-50°C. Порошок заливають гарячою водою ($t = 60-70$ °C) з гідромодулем 1:2-4, та витримують протягом 1 год, гомогенат розділяють на рідку та тверду фракції сепаруванням. В рідкій фракції визначають уміст фруктози. Рідку фракцію поділяють на дві частини, першу використовують для одержання інуліну, другу – для одержання фруктоолігоцукрів. Першу частину екстракту очищають шляхом ультрафільтрації (поріг відділення 10 кДа), а потім концентрують (поріг відділення 6 кДа). Отримано напівпродукт 1. В другу частину екстракту додають екзогенний фермент з інуліназною активністю (200-3000 од/г), проводять гідроліз протягом 1-3 год ($t = 40-50$ °C), аналізують уміст фруктози, очищають від домішок ультрафільтрацією, концентрують одержані фруктоолігоцукри шляхом нанофільтрації (поріг відділення 0,4 кДа), одержують напівпродукт 2. Напівпродукти 1 та 2 об'єднують, висушують при $t = 50$ °C. Отримують суміш інуліну та фруктоолігоцукрів (ФОЦ).

Приклад 2. Тверду фракцію розводять водою (гідромодуль 1:5), додають 0,05-0,3% від сухої речовини мультиензимну композицію; пектат-транселіміназна активність 1200 од/г, пектат-естеразна (600 од/г), витримують 1,5 год при 45 °C. Після цього доводять температуру до 75 °C та проводять екстракцію протягом 1 год. Відділяють тверду фракцію сепаруванням, а рідку фракцію піддають очищенню та концентруванню за допомогою ультрафільтрації (поріг відділення 35 кДа). Після цього проводять концентрування пектину до 20% у вакуум-установці. Концентрат висушують за температури $t = 50$ °C та отримують пектиновий продукт, який змішують з сумішшю інуліну та ФОЦ. Одержаний порошок має 7-9 % вологи та містить інулін молекулярною масою 3,5-4,5 кДа, фруктоолігоцукри (ФОЦ) – 0,3-0,4 кДа та пектин 25–35 кДа. Для активації власних ендоїнуліназ топінамбура використовують наступну технологію: 100 кг бульб топінамбура миють водою, подрібнюють до розміру частинок 0,2-0,5 см. Поділяють на 2 частини. Одну частину обробляють за схемою 1 для одержання пектину та інуліну (без використання екзогенних ферментів). Другу частину заливають водою (1:3), додають 0,01-0,02 % CaCl_2 , або MnSO_4 (для активації ендоїнуліназ) та витримують протягом 2-3 год, контролюючи вміст фруктози. Розділяють тверду та рідку фракції сепаруванням, рідку фракцію обробляють за схемою прикл.1 для одержання ФОЦ. Тверду фракцію використовують за схемою прикл. 1 для одержання пектину.

Для збільшення виходу інуліну з сировини розроблена наступна модифікація методу, яка включає використання біокаталізу: 100 кг бульб топінамбура миють водою, подрібнюють до розміру частинок 0,2-0,5 см. Обробляють частинки гарячою водою ($t = 80-90$ °C) протягом (5-10 хв) для інгібування поліфенолоксидази та інулінази бульб топінамбура. Висушують шматочки при $t = 40-50$ °C протягом 3-5 годин до отримання сухих шматочків топінамбура. Подрібнюють шмато-

чки на порошок, замочують у воді, в яку додають целюлазу, пектиназу та пектинестеразу в кількості 0,05-0,2% для проведення деструкції компонентів рослинних клітин та підвищення виходу інуліну. Співвідношення целюлаза: пектиназа: пектинестераза може бути – 1:0,2:2; 2:1:4; 2:1:5. Витримують при t 40-50 °C протягом 0,5-1,5 год. Після цього заливають гарячою водою (t 70-80 °C) та витримують протягом 0,5-2 год. Гомогенат розділяють на рідку та тверду фракції сепаруванням. Наступні стадії виконують за схемою прикл. 1.

Таким чином, для технічного вирішення завдання використано біотехнологічний підхід, який базується на використанні ферментів ендogenous та екзогенного походження, що має ряд переваг порівняно із фізико-хімічними методами екстрагування інуліну та пектину: покращуються екологічні умови виробництва, кислоти як неспецифічний гідролізуючий реагент замінюються на специфічні біокатализатори – ферменти, збільшується вихід кінцевих продуктів з одержанням екологічно чистих продуктів гідролізу.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Проведено комплексні дослідження та розроблена інноваційна технологія одержання фруктозано-пектиазного комплексу з топинамбура, підібрано оптимальні варіанти та режимні параметри біокаталізу для одержання кінцевих продуктів з мінімальними втратами. Напрямом подальших досліджень є вивчення пребіотичних властивостей одержаних сполук.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Application of Prebiotics in Poultry Production International / Journal of Poultry Science. – 2010. – Vol. 9 (3). – P. 298-304.
2. Dietary cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats / J. Anim. Sci. – 2010. – Vol. 88. – P. 2978–2987.
3. Seifert S. Inulin and oligofructose: review of experimental data on immune modulation / S. Seifert, B. Watzl // J Nutr. – 2007. – Vol. 137. – P. 2563–2567.
4. In vitro evaluation of the prebiotic activity of a pectic oligosaccharide-rich extract enzymatically derived from bergamot peel / [G. Mandalari, C. Nueno Palop, K. Tuohy, G. R. Gibson] // Appl. Microb. Biotechnol. – 2007. – Vol. 67. – P. 1173–1179.
5. Effect of dietary prebiotic supplementation on the performance, intestinal microflora, and immune response of broilers / G. V. Kim, Y. M. Seo, C. H. Kim [et al.] // Poult Sci. – 2011. – Vol. 90. – P. 75–82.
6. Матвеева Н.А. / Фруктани. Біосинтез у природі та в трансгенних рослинах / Н.А. Матвеева // Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. 2010. Том 8.– № 2.– С. 312-319.
7. Кузьменко П.І. Використання мультіензимного комплексу для ефективної деструкції полімерів клітинної стінки рослин при одержанні пектинів / П.І. Кузьменко // Аграрні вісті.– Біла Церква, 2010.– Вип. 1.– С. 13–15.
8. Беляков К.В. Определение инулина в корневищах и корнях девясила высокого (Inula helenium) / К.В. Беляков, Д.М. Попов // Фармація.– 1998.– № 1.– С. 34–36.
9. Патент РФ № 2175239, классы патента А61К35/78, А23Л1/236 Способ получения инулина и других фруктаносодержащих продуктов из топинамбура и другого инулинсодержащего сырья / Фраваина Л.А.; Городецкий Г.Б.; Иванова Н.Я.; Комаров Е.В.; Момот Н.Н.; Черкасова М.А. Оpubл. 27.10.2001.
10. Патент РФ № 2169002. Классы патента, А61К35/78, А61К31/715, А61К31/70, С08В37/00, А23Л1/29, А61Р3/10. Способ получения инулин-пектинового концентрата в порошке для медицинских и пищевых целей из высушенного сырья. Самокиш И.И.; Зяблицева Н.С.; Компанцев В.А. Оpubл. 20.06.2001.
11. Бітюцький В.С., Мальяр Д.Д. Заявка на винахід (корисну модель) “Спосіб одержання інуліну, фруктоолігоцукрів та пектину шляхом біоконверсії рослинної сировини”; u 2011 11231 від 21. 09. 2011.

Биотехнология получения пребиотиков – олигосахаридов из растительного сырья

Д.Д. Мальяр, Ю.М. Шадура, В.С. Битюцкий

Разработанная биотехнология получения нового пребиотического комплекса, который содержит фруктозаны разной молекулярной массы и пектин. Технология предусматривает использование ферментативных биотехнологий трансформации растительного сырья. С целью интенсификации биоконверсии сырья и получения пребиотиков необходимой молекулярной массы предложено использование комплекса ферментов и условия контролируемого биокатализа. Доказана возможность использования ультра- и нанофильтрации для очистки и концентрирования конечных пребиотических продуктов.

Ключевые слова: пребиотики, инулин, фруктоолигосахариды, пектин, топинамбур, ультрафильтрация, нанофильтрация.

Biotechnology receiving prebiotics – oligosaccharides from plant materials

D. Malyar, J. Shadura, V. Bityutskiy

Developed biotechnology of obtaining a new prebiotic complex, which contains fructozany different molecular weight and pectin. The technology involves the use of enzymatic transformation biotechnology rostitel'nogo raw materials. In order to intensify the bioconversion of raw materials and production of prebiotics required molecular weight enzyme complex proposed to use controlled conditions, and biocatalysis. Proved the feasibility of using ultra- and nanofiltration for purification and concentration of prebiotic final product.

Key words: prebiotic, inulin, fructo-oligosaccharides, pectin, Jerusalem artichoke, ultrafiltration, nanofiltration.