

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НЕВМИВАНІЙ СЕРГІЙ ЛЕОНІДОВИЧ

УДК [637.146:635.655]:573.6

РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ СОЄПРОДУКТІВ

Спеціальність 03.00.20 – біотехнологія

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Одеса - 2002

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій,
Міністерство освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Капрельянц Леонід Вікторович,
Одеська державна академія харчових технологій,
завідувач кафедри біохімії та мікробіології

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Іваниця Володимир Олексійович
Одеський національний університет ім. Мечникова,
завідувач кафедри мікробіології та вірусології

кандидат технічних наук
Романчук Ірина Олегівна
технологічний інститут молока та м'яса Української академії
аграрних наук, завідувач лабораторії технології молока

Провідна установа: Національний університет харчових технологій,
проблемна науково-дослідна лабораторія, Міністерство
освіти і науки України, м. Київ.

Захист відбудеться “ 8 ” листопада 2002 року о 10.30 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 41.088.02 Одеської державної академії харчових
технологій (65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської державної академії харчових
технологій. Україна, (м. Одеса, вул. Канатна, 112).

Автореферат розісланий “ 4 ” жовтня 2002 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Станкевич Г.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

В останні десятиліття в Україні, як і в усьому світі, відмічається ріст числа захворювань, пов'язаних з порушеннями у сфері харчування. До факторів, що обумовлюють дані порушення можна, насамперед, віднести глобальне погіршення екологічної ситуації, що виявляється в посиленому нагромадженні токсигенних та мутагенних речовин, широке застосування в продуктах харчування ряду харчових добавок, що несприятливо діють на організм людини, ріст споживання лікарських засобів, що порушують нормальну фізіологію травної системи, складні економічні умови, що не дозволяють значній частині населення вживати якісні харчові продукти. В 80-ті роки виникла нова концепція виробництва продуктів харчування, що орієнтується на різноманітність харчових речовин, які позитивно впливають на фізіологічний стан організму та забезпечують профілактику різних функціональних розладів. Нове покоління харчових продуктів одержало назву "функціональних". До

основних груп функціональних інгредієнтів в даний час відносять вітаміни, харчові волокна, мінеральні речовини, антиоксиданти, поліненасичені жирні кислоти, деякі олігосахариди, а також окремі роди корисних мікроорганізмів. Пріоритетним напрямком науково-технічної політики в харчовій промисловості України, спрямованим на подолання негативних наслідків екологічної ситуації і поліпшення стану здоров'я населення, є розширення виробництва продуктів харчування, збагачених фізіологічно активними речовинами і збільшення масштабів їхнього випуску.

Актуальність теми. В останні роки встановлено, що від життєдіяльності мікроорганізмів шлунково-кишкового тракту залежить не тільки нормальне функціонування травної системи, але і стан організму в цілому, а порушення нормального складу кишкової мікрофлори, яке зв'язують з незбалансованими по окремих компонентах раціонами харчування, тривалим прийомом антибіотиків, високими психоемоційними навантаженнями та іншими причинами, приводить до серйозних фізіологічних порушень і може бути причиною багатьох захворювань. Для відновлення порушеного мікробного біоценозу людини і тварин використовуються різноманітні прийоми. Найбільш прийнятним є введення у великих кількостях антагоністичних штамів бактерій – представників нормальної мікрофлори в складі кисломолочних продуктів. В молочній промисловості розроблений широкий асортимент продуктів лікувально-профілактичного призначення. Однак такі продукти на основі коров'ячого молока мають цілий ряд недоліків. Наприклад, одні з найбільш чисельних і постійних представників кишкової мікрофлори – біфідобактерії погано ростуть в коров'ячому молоці. Як правило, для сквашування молока використовують комбінації біфідобактерій з молочнокислими, при цьому рН готового продукту складає близько 4,5 а в процесі зберігання може знижуватися до 4. В таких умовах життєдіяльність біфідобактерій значно знижується. Крім того, молоко містить лактозу, а також алергенні речовини білкового походження, що в багатьох випадках обмежує його застосування. Так в країнах СНД у 14 % обстежених дорослих людей відмічалася лактазна недостатність, в США непереносимість лактози спостерігається в 50 % населення, в Японії близько 30 % населення страждає непереносимістю лактози. Таким чином, актуальним є пошук нових субстратів для розширення асортименту і створення нових ферментованих продуктів, що містять лакто- і біфідобактерії. Останнім часом для збагачення кисломолочних продуктів, а також одержання їх аналогів часто використовують рослинну сировину, з огляду на її низьку вартість і високу біологічну цінність.

У зв'язку з вищесказаним, актуальною є розробка нових безлактозних ферментованих продуктів на основі рослинної сировини, що містять високі кількості лакто- і біфідобактерій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає тематиці міжвузівської програми науково-дослідної роботи №31 “Будова, склад, властивості і перетворення компонентів рослинної сировини як основи створення поліфункціональних добавок, збагачувачів і модулів при одержанні продуктів з новими властивостями, які забезпечують продовольчу безпеку населення України”, затвердженої наказом Міністерства освіти і науки України № 271 від 15.08.96., темі досліджень проблемної лабораторії Одеської державної академії харчових технологій 1/2000 - П “Фізико-хімічні та біотехнологічні основи одержання фітоферментних комплексів, симбіотиків, каротиноїдів та поліфенолів, як компонентів біологічно активних добавок” (№ держреєстрації 0100U004565), зокрема підтемі №2 “Створення консорціумів симбіотиків бактеріальних культур пробіотичної дії та розробка

адаптаційних продуктів харчування з їх участю”

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є розробка біотехнології соєвих ферментованих продуктів, з використанням лакто- та біфідобактерій.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені наступні задачі:

- вивчити хімічний склад сортів сої, районованих на півдні України, з метою обґрунтування можливості їхньої переробки для одержання соєвого екстракту (соєвого молока);
- дослідити хімічний склад соєвого молока, як субстрату для розвитку лакто- і біфідобактерій;
- провести скринінг заквасок для ферментування соєвого молока;
- дослідити та встановити оптимальні технологічні параметри ферментування;
- вивчити реологічні, біохімічні і мікробіологічні властивості цільового продукту;
- розробити технологію виробництва ферментованих соєвих продуктів, провести її промислову апробацію, розробити нормативно-технічну документацію.

Об'єктами досліджень були - соєве молоко, а також деякі сухі білкові продукти переробки сої; культури лакто- та біфідобактерій; соєві ферментовані продукти.

Предмети досліджень – фізико-хімічні властивості соєвого екстракту та сухих білкових продуктів, мікробіологічні та біохімічні показники розвитку використовуваних заквасок в соєвому молоці, мікробіологічні та фізико-хімічні показники ферментованих продуктів.

Методами досліджень фізико-хімічних, мікробіологічних властивостей продуктів та активності заквасок були традиційні та сучасні мікробіологічні, технологічні та біохімічні методи.

Наукова новизна. Вперше досліджено і встановлено вплив деяких продуктів переробки сої (соєвого сухого молока, соєвого харчового збагачувача "Самсон"), а також технологічних параметрів (температура пастеризації, ферментування, масова частка внесеної закваски, масова частка соєвих сухих білкових добавок) на накопичення біомаси і кислотності лакто- та біфідобактеріями на соєвому екстракті (соєвому молоці). Досліджено можливість розвитку симбіотичної закваски йогуртових культур і біфідобактерій в соєвому молоці. Отримано ферментовані аналоги кисломолочних продуктів, що містять комплекс харчових волокон сої. Досліджено харчову і біологічну цінність готових продуктів. Розроблена науково обґрунтована технологія виробництва ферментованих продуктів на основі продуктів переробки сої з використанням йогуртових заквасок і чистих культур біфідобактерій.

Наукова новизна роботи підтверджена патентом.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено технологію одержання дієтичних ферментованих продуктів з використанням продуктів переробки сої для лікувально-профілактичного харчування. Отримані результати увійшли в основу нормативно-технічної документації на виробництво соєвих йогуртів – ТУ У 01193627.066 – 2001 “Йогурт соєвий”. Розроблена технологія апробована в науково-виробничому об'єднанні "Імпекс - Лаг" (м. Одеса), де протягом 2000-2001 року проводилось виробництво соєвого йогурту. На Охтирському сиркомбінаті в 2004 році планується промислове виробництво “Йогурту соєвого”.

Результати медико-біологічних досліджень дозволяють рекомендувати отримані продукти для корекції складу кишкової мікрофлори.

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок полягає в забезпеченні методичного оформлення, виконанні аналітичної та експериментальної роботи, аналізі й узагальненні отриманих даних, формуванні висновків і рекомендацій, підготовці матеріалів досліджень до публікації, розробці нормативно-технічної документації, промислової

апробації розробленої технології. Особистий внесок здобувача підтверджується поданими документами і науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень повідомлені на наукових конференціях “Прогресивні технології та вдосконалення процесів харчових виробництв” (Харків, березень 2000 р.); національній науково-практичній конференції “Хлібопродукти - 2000” (Одеса, вересень 2000 р.); третій міжнародній конференції по соєпродуктах (Японія, жовтень 2000 р.); наукових конференціях Одеської державної академії харчових технологій (2001, 2002 рр.); четвертому Українському мікробіологічному з'їзді (Чернігів, 2000 р.); міжнародній конференції “Функціональні продукти харчування” (Кубань – 2001 р.).

Публікації. Результати дисертації опубліковані в 10 друкованих працях, включаючи: 7 статей, один патент, 2 тези.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Зміст роботи викладено на 184 сторінках, включаючи 33 таблиці (15 стор.), 29 рисунків (14 стор.), 5 додатків (30 стор.). Список використаних бібліографічних джерел містить 204 найменування (18 стор.).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність, сформульовано загальну мету та спрямованість роботи.

У першому розділі на базі аналізу літературних джерел розглянуті питання, про необхідність розширення асортименту існуючих та розробці нових продуктів призначених для корекції мікрофлори кишечника. Згідно з результатами досліджень Міністерства охорони здоров'я біля 90 % населення України страждає на дисбактеріози різного ступеня складності. Розглянуто основні види мікроорганізмів, що представлені в шлунково-кишковому тракті людини. Наведено результати сучасних досліджень, які розширюють уявлення про роль та значення мікроорганізмів-пробіотиків у харчуванні людини.

Останнім часом для отримання аналогів кисломолочних продуктів, використовують рослинну сировину. Перспективними в цьому відношенні є продукти із сої. Наведено дані про хімічний склад сої та розглянута біологічна цінність її компонентів. Біля 90 % соєвого білка водорозчинні, тому одним із способів її переробки є екстракція. Соевий екстракт (соєве молоко) по хімічному складу приблизно відповідає коров'ячому молоку 1,5 % жирності, не містить лактози та холестерину і може бути використане для ферментування лакто- та біфідобактеріями.

Розглянуті способи отримання аналогів кисломолочних продуктів із нетрадиційної сировини, закваски, які застосовуються для виробництва кисломолочних продуктів з пробіотичними властивостями.

У другому розділі викладені відомості про об'єкти та методи досліджень. Подано структурну схему, що відображає основні напрямки досліджень та взаємозв'язок етапів рішення поставлених задач (рис. 1).

Об'єктами досліджень у даній дисертаційній роботі були: соєві боби з сортів, районованих, на півдні України; соєві екстракти (соєве молоко) отримані не установці ОСМ, розробленій Одеським біотехнологічним інститутом (ТУ У 6170021.59 – 99); соєвий харчовий збагачувач “Самсон” (ТУ У 6170021.55 – 99), вироблений на Охтирському сиркомбінаті; йогуртові закваски вітчизняного (Інститут молока і м'яса УААН) та зарубіжного (CHR Hansen (Данія)) виробництва, а також чисті культури біфідобактерій *B. adolescentis* C-52, *B. longum* Я 3, *B. bifidum* – 1 з музею кафедри

біохімії та мікробіології ОДАХТ.

Основна частина досліджень проведена в лабораторіях кафедри біохімії та мікробіології ОДАХТ, окремі дослідження проведені в Одеському селекційно-генетичному інституті, фізико-хімічному інституті НАН України, Центральній санітарно-епідеміологічній станції водного транспорту України. В дослідженнях використовували як стандартні так і оригінальні методи з використанням сучасних хроматографічних та спектральних методів дослідження.

Рис. 1. Основні напрямки проведення досліджень

У третьому розділі наведено результати власних експериментальних досліджень з вивчення хімічного складу соєвого молока, як об'єкта ферментації лакто- та біфідобактеріями, дослідження процесу ферментації та аналізу органолептичних, біохімічних та мікробіологічних показників отриманого продукту. Дослідження хімічного складу таких сортів сої, як “Аркадія”, “Успіх”, “Пальміра”, “42/95” показало, що вони є високобілковими і можуть бути використані для отримання соєвого молока. Серед досліджуваних сортів найкращими показниками – органолептичними, та виходом сухих речовин (8,7 %) та білка (4,0 %) при екстракції характеризувалось молоко, отримане з бобів сорту “Аркадія”, яке і використовували в подальших дослідженнях.

Аналіз дисперсного, хімічного та мікробіологічного складу соєвого молока показав, що воно є складною багатокомпонентною системою і містить живильні речовини, необхідні для розвитку молочнокислих бактерій (білка – 4,0 %, жирів – 1,35 %, вуглеводів – 3,1 %, серед яких біля 1 % складають соєві олігосахариди – стахіоза та рафіноза, вітаміни В₁ – 0,4, В₂ – 0,2, РР – 0,6 мг/100 г, а також 0,5 % мінеральних речовин, зокрема заліза – 1, цинку – 0,45, калію – 18 мг/100 г).

Аналіз літературних джерел показав, що одним з найбільш популярних кисломолочних продуктів в даний час є йогурт. Тому при дослідженні ферментування соєвого молока в основному використовували йогуртові закваски.

При вивченні характеру росту йогуртових культур на соєвому молоці було зроблено висновок, що воно є хорошим середовищем для їх розвитку. За 4,5 – 6 годин ферментування рН знижувалось з 6,7 до 5,0 – 5,2 (рис.2).

Рис. 2. Динаміка розвитку йогуртової закваски на соєвому екстракті (закваска УС-Х-11)

При подальшому ферментуванні кислотність майже не знижувалась. Необхідно відмітити, що особливістю при сквашуванні соєвого молока є доволі швидке утворення згустку вже після 3 – 3,5 годин. Це пов'язано з тим, що ізоелектрична точка ІІS фракції соєвих білків, яка складає біля 30 % водорозчинного білка, знаходиться в діапазоні рН 5,6 – 5,8. Вивчення динаміки розвитку йогуртових композицій в соєвому молоці, показало, що для більшості заквасок при досягненні стаціонарної фази росту (4,5 – 6 год) L_g КУО в 1 см³ складав 8,4-8,6. Найкоротша лаг-фаза $T=2$ год, найвища питома швидкість росту $\mu=1,75$ год⁻¹ та накопичення біомаси відмічалась при використанні закваски УС-Х-11 (CHR Hansen) (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика розвитку йогуртових культур в соєвому молоці

Показники Закваска

	YC-X-11	YC-180	YC-380	CI-1	CI-2
Lg КУО/см ³	8,6	8,4	7,7	8,1	7,8
T, год	1,5	2,3	2,0	3,0	
m, год ⁻¹	1,75	1,3	1,1	1,07	0,78

Вивчення розвитку біфідобактерій в соєвому молоці показало, що воно є більш придатним середовищем для їх розвитку, ніж коров'яче. Згусток утворювався після 6-8 годин ферментування. Після 12 годин кислотність знижувалась до 60-65 °Т (рН 5,0-5,3) і при подальшому ферментуванні змінювалась незначно (рис.3).

Рис. 3. Динаміка розвитку біфідобактерій в соєвому молоці

При досягненні стаціонарної фази росту (9-10 год) кількість КУО в 1 см³ для *B. adolescentis* C-52 та *B. longum* Я 3 перевищувала 10⁹ (рис. 3). При цьому найкоротшою лаг-фазою T=3 год та найвищою питомою швидкістю росту $\mu=1,1 \text{ год}^{-1}$ характеризувалась культура *B. adolescentis* C-52. Такий розвиток біфідобактерій в соєвому молоці насамперед пояснюється наявністю в ньому біфідогенних факторів – олігосахаридів стахіози та рафінози. Безперечно, продукт, отриманий при ферментуванні соєвого молока йогуртовими заквасками характеризувався кращими органолептичними показниками, ніж при ферментуванні біфідобактеріями. При дослідженні симбіотичного розвитку йогуртових культур та біфідобактерій кращі результати отримано при одночасному внесенні 0,5 % йогуртової закваски та 3 % інокуляту біфідобактерій. При цьому збільшувалася кислотоутворююча активність – після 16 годин ферментування рН складало 4,6-4,7, кількість лактобактерій в 1 см³ перевищувала 10⁸, біфідобактерій – 10⁹. При ферментуванні соєвого молока йогуртовою закваскою (YC-X-11) проходила зміна його вуглеводного та білкового складу. Так кількість стахіози знижувалась на 8,5 %, рафінози – на 12 %, сахарози – на 55 %. Кількість небілкового азоту за чотири години розвитку знижувалась на 55 %, потім починала зростати і після 8 годин приблизно досягла початкового вмісту (4,7 мг/мл). Ферментування соєвого молока біфідобактеріями показало значне зниження кількості олігосахаридів – в середньому на 50 %. Так *B. adolescentis* C-52 знижували кількість стахіози на 50 %, рафінози на 52,3 %, *B. longum* Я 3 відповідно - на 56,4 та 69,4 %, *B. Bifidum*-1 – на 42,5 та 36,2 %. Використання комбінацій йогуртової закваски та біфідобактерій призводило до збільшення кількості небілкового азоту в ферментованому продукті. Так після 10-12 годин ферментування його кількість на 30-50 % перевищувала початкову величину. Проведені дослідження впливу умов ферментування на розвиток лакто та біфідобактерій. Для йогуртової закваски при підвищенні температури збільшувалась питома швидкість росту, але максимальне накопичення біомаси (4×10^8) відмічалось при температурі 40 °С. Для біфідобактерій оптимальні результати отримані при температурі 38-39 °С. Соєве молоко, отримане по розробленій технології на установці ОСМ містить біля 8 % сухих речовин. Для отримання продукту з щільним в'язким згустком без синерезису

масову частку сухих речовин збільшували, шляхом додавання сухих білкових продуктів переробки сої – соєвого молока сухого та соєвого харчового збагачувача “Самсон”, який містить 40 % білка, 21 % ліпідів, 27 % вуглеводів, серед яких біля 15 % складають харчові волокна. Технологія отримання збагачувача “Самсон” виключає процес екстракції, що дозволяє знизити втрати вітамінів та мінеральних елементів. Кращі результати отримані при доведенні до 14 % сухих речовин, як у випадку використання сухого молока, так і для збагачувача “Самсон”. При цьому продукт характеризувався щільним в'язким згустком без синерезису.

Збільшення масової частки закваски з 1 до 7 % призводило до більш швидкого кислотоутворення та утворення згустку з 5 до 3 годин.

При розробці нових видів харчових продуктів значна увага приділяється їх реологічним властивостям, на основі яких проводиться розрахунок обладнання, трубопроводів та ін. При дослідженні реологічних властивостей соєвих ферментованих продуктів методом ротаційної віскозиметрії, встановлено, що для них в'язкість являлась функцією швидкості зсуву, що відносить їх до речовин з псевдопластичною в'язкістю. На рис. 4 приведені криві течії соєвих ферментованих продуктів, отриманих з додаванням соєвого молока сухого та соєвого харчового збагачувача “Самсон” до масової частки сухих речовин 12, 14 та 16 % при температурі 4 °С.

Рис. 4. Зміна динамічної в'язкості в залежності від швидкості зсуву для соєвого йогурту з використанням сухого молока (а) та збагачувача “Самсон” (б) з різною масовою часткою сухих речовин (контроль – йогурт з коров'ячого молока)

Як видно з рис. 4 в області значень швидкості зсуву від 0 до 10 c^{-1} структура продукту розрушується і повністю відновлюється, при цьому в'язкість максимальна. Із збільшенням швидкості зсуву руйнування починає переважати над відновленням -

в'язкість різко знижується, при швидкості 50 c^{-1} та більше структура майже повністю зруйнована, в'язкість мінімальна. Підвищення температури з 4 до 40 °С призводило до зниження в'язкості. Необхідно відмітити, що соєві ферментовані продукти мали більшу в'язкість ніж традиційні йогурти. При використанні соєвого харчового збагачувача “Самсон” в'язкість соєвих йогуртів дещо знижувалась та більш наближувалась до традиційних продуктів.

В присутності тільки молочної кислоти згустки молока не мають характерного смаку та аромату йогурту. Характерний аромат йому надають побічні продукти молочнокислого бродіння – ацетальдегід, діацетил, ацетоїн, метанол та ін.

Найважливішими ароматоутворюючими речовинами йогурту є ацетальдегід та діацетил, та їх співвідношення. При дослідженні складу основних летючих компонентів соєвого молока були виявлені такі компоненти: ацетальдегід - 0,07 мг/кг, ацетон – 0,25 мг/кг, метанол – 1,107 мг/кг та гексаналь – 0,02 мг/кг. Після ферментування різко збільшилась кількість ацетальдегіду, порівняно з іншими компонентами та з'явився діацетил (рис. 5).

Рис. 5. Накопичення ацетальдегіду та діацетилю при ферментуванні соєвого молока

Можна відмітити, що молочнокислі бактерії при ферментуванні соєвого молока синтезують ароматичні компоненти, але їх кількісне співвідношення дещо відрізняється від традиційних йогуртів. Так кількість ацетальдегіду в середньому складала 3–5 мг/кг, діацетилю 3–4,3 мг/кг. При ферментуванні з біфідобактеріями

кількість синтезованого ацетальдегіду зменшувалась на 15-25 %, а діацетилу – збільшувалась на 10-15 %. При органолептичній оцінці соєвих ферментованих продуктів дійсно відмічався характерний аромат йогурту, хоча й менш виражений, ніж в йогуртах з коров'ячого молока. Найбільш виражений аромат йогурту був при використанні закваски УС – 360.

Таким чином, в результаті ферментування соєвого молока молочнокислими бактеріями отриманий безлактозний аналог традиційних кисломолочних продуктів, який містить біля 19 % сухих речовин, 5,6 % білка, 2,5 % жирів та 8 % вуглеводів (5 % сахарози добавляється для підвищення органолептичних показників). Необхідно відмітити, що при використанні соєвого харчового збагачувача “Самсон” продукт містить біля 1 % харчових волокон. По кількості молочнокислих бактерій в 1 см^3 ($1-3 \times 10^8$) він лише незначно поступається традиційним йогуртам, а по кількості біфідобактерій перевищує відомі вітчизняні пробіотичні кисломолочні продукти на 2-3 порядки (10^9).

При дослідженні сушки розробленого продукту в киплячому шарі інертного носія отримано хороші результати по виживанню клітин лакто- та біфідобактерій. Оптимальна температура сушіння складала 72-75 °С при тривалості 15 хв. При цьому масова частка сухих речовин в ферментованому продукті складала 94 %, а кількість КУО лакто- та біфідобактерій в 1 г сухого продукту - $6-8 \times 10^9$.

При зберіганні соєвих ферментованих продуктів при температурі 6 °С протягом 14 діб в герметичних умовах сторонньої мікрофлори не виявлено. рН за цей час знижувалось з 4,8 до 4,6, що виключає можливість перекидання і не пригнічує життєдіяльності біфідобактерій. В кінці терміну зберігання кількість клітин лактобактерій була не меншою за $1,5 \times 10^7$, біфідобактерій – 1×10^8 .

У четвертому розділі приведено технологічну схему одержання соєвих ферментованих продуктів, описання технологічних процесів, відомості про виробничу апробацію розробленої технології та медико-біологічні дослідження.

З урахуванням експериментальних даних розроблено технологічну схему отримання соєвих ферментованих продуктів (рис.6).

Рис. 6. Технологічна схема отримання соєвих ферментованих продуктів

З метою оптимізації окремих технологічних параметрів виробництва соєвих ферментованих продуктів було використано методи математичного моделювання експерименту, одержано рівняння регресії, які адекватно описують процес.

Оптимальними технологічними параметрами були: температура ферментації – 40 °С, тривалість процесу – 9 год., масова частка добавленої сахарози – 5 %, масова частка внесеної закваски – 5 %.

Проведено виробничі випробування на науково-виробничому підприємстві – “Імпекс-Лаг”. Показано можливість використання серійного обладнання для виробництва розроблених продуктів. Показники продуктів з дослідних партій відповідають розробленим нормативно-технічній документації.

В експерименті *in vivo* показана здатність соєвих ферментованих продуктів корегувати видовий склад кишкової мікрофлори, пригнічуючи розвиток умовно-патогенних та гнилісних мікроорганізмів та збільшуючи кількість біфідобактерій.

ВИСНОВКИ

1. Дисертаційна робота присвячена розробці біотехнології одержання безлактозних ферментованих продуктів з пробіотичними та пребіотичними властивостями з рослинної сировини. Результатом роботи є впровадження технології виробництва соєвих ферментованих продуктів і розробка проекту нормативно-технічної документації.
2. Проведено дослідження хімічного складу сортів сої, районованих на Півдні України з метою обґрунтування можливості одержання з них соєвих екстрактів (соєвого молока). З огляду на органолептичні властивості одержуваного соєвого молока, а також вихід сухих речовин (8,7 %) і білка (4 %) при екстрагуванні для його одержання використовували боби сорту "Аркадія". Отримане соєве молоко мало наступний хімічний склад: білки – 4 %, жири – 1,35 %, вуглеводи – 3,1 %, мінеральні елементи – 0,49 % з них залізо – 1 мг/100 г, цинк – 0,45 мг/100 г, калій – 18,5 мг/100 г, вітаміни – В₁ – 0,4 мг/100 г, В₂ – 0,2 мг/100 г, РР – 0,6 мг/100 г, а саме містить живильні елементи, необхідні для розвитку лакто- і біфідобактерій.
3. Вивчено процес ферментування соєвого молока йогуртовими культурами та біфідобактеріями з використанням вітчизняних та закордонних заквасок. Для йогуртових заквасок тривалість лаг-фази склала 1,5 – 3,5 години. Стаціонарна фаза росту досягалася за 4,5 – 6 годин, при цьому кількість клітин молочнокислих бактерій у 1 см³ складала 3-6x10⁸. Характерною рисою ферментування соєвого молока є те, що при досягненні стаціонарної фази рН продукту складало 4,9 – 5,2 (титруєма кислотність 62 – 68 ?Т) і далі змінювалося незначно. При ферментуванні соєвого молока біфідобактеріями встановлено, що воно є кращим середовищем для їх росту, ніж коров'яче. Утворення згустку відбувалося за 6-8 годин ферментування. Найбільше активно сквашували соєве молоко *B. adolescentis* C-52, трохи гірше *B. longum* Я 3. Стаціонарна фаза для них наставала після 9-12 годин ферментування, при цьому рН складало 5,3-5,2, а кількість клітин в 1 см³ перевищувала 10⁹. Встановлено, що сумісний розвиток лакто- та біфідобактерій при ферментуванні соєвого молока дозволяє отримати продукт рН якого складає 4,7-4,8, кількість лактобактерій не менше 10⁸, біфідобактерій – 10⁹.
4. Досліджено утилізацію компонентів соєвого молока при ферментуванні. Так кількість стахіози знижувалась на 8,5 %, рафінози – на 12 %, сахарози – на 55 %. Кількість небілкового азоту за чотири години розвитку знижувалась на 55 %, потім починала зростати і після 8 годин приблизно досягла початкового вмісту 4,7 мг/мл (закваска УС-Х-11). Ферментування соєвого молока біфідобактеріями показало значне зниження кількості олігосахаридів – в середньому на 50 %. Так *B. adolescentis* C-52 знижували кількість стахіози на 50 %, рафінози на 52,3 %, *B. longum* Я 3 відповідно - на 56,4 та 69,4 %, *B. Bifidum*-1 – на 42,5 та 36,2 %.
5. Вивчено хімічний склад, мікробіологічні і реологічні властивості одержуваних продуктів. Готовий ферментований продукт містив 18,65 % сухих речовин, з них 5,6 % білка, 2,5 % жирів, 8 % вуглеводів, близько 1 % мінеральних речовин, вітаміни В₁ – 1,2 мг/100 г, В₂ – 0,6 мг/100 г, РР – 1,0 мг/100 г, фолієва кислота – 1,2 мг/100 г. Кількість лактобактерій в 1 см³ складало 3-5x10⁸, біфідобактерій – 2-4x10⁹. Встановлено, що використання соєвого харчового збагачувача "Самсон" дозволяє поліпшити біологічну цінність продукту, максимально наблизити реологічні властивості ферментованого продукту до традиційних йогуртів з коров'ячого молока. Протягом 2-х тижневого зберігання при температурі 6 ?С

не було виявлено сторонньої мікрофлори. рН продукту знизився з 4,8 до 4,6, що виключає можливість переокисання. Кількість лактобактерій складала не менш 10^7 , біфідобактерій не менш 10^8 .

6. Досліджено й обґрунтовані за допомогою методів математичного моделювання оптимальні технологічні параметри при виробництві соєвих продуктів ферментованих лакто- і біфідобактеріями, що складають: температура процесу ферментування 39–40 °С, тривалість – 9 год, масова частка внесеної закваски – 5 %, масова частка сахарози, що додається – 5 %.
7. Проведено медико-біологічні дослідження *in vivo*, що показали здатність отриманих продуктів до корекції родового складу мікрофлори кишечника.
8. Розроблена технологія одержання соєвих ферментованих продуктів апробована на науково-виробничому об'єднанні "Імпекс-Лар". На "Йогурт соєвий" розроблена нормативно-технічна документація. Наукова новизна дослідження захищена патентом. На протязі 2000-2001 року в науково-виробничому об'єднанні "Імпекс-Лар" було налагоджено виробництво соєвого йогурту.

Основний зміст роботи викладено у публікаціях

1. Павленкова П.П., Капрельянц Л.В., Невмываный С.Л. Продукты переработки сои в общественном питании. // Науч. конф. "Прогрессивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв": Зб. Научных трудов Харьковской государственной академии технологии общественного питания. - 2000.- Часть 1. - С. 172-176.
2. Невмываный С.Л., Капрельянц Л.В., Петросьянц А.П. Особенности химического состава сортов сои, районированных на юге Украины // Сборник научных трудов Одесской государственной академии пищевых технологий.- Одесса: ОГАПТ. - 2000. – Вып. 17. - С. 134-138.
3. Isoflavone content of Ukrainian cultivars and effect of processing on isoflavones in traditional soyfoods / Kaprelyants L.V., Silenko A.G., Kiselov S.V., Nevmyvaniy S.L. // The Third International Soybean Processing and Utilization Conference.- Tsukuba, Ibaraki, Japan.-2000, October. - P. 63-65 (Вміст ізофлавонів в сортах сої на Україні та вплив технологічної обробки на їх кількість при отриманні традиційних соєвих продуктів / Капрельянц Л.В., Сіленко О.Г., Кісельов С.В., Невмиваний С.Л. // Третя міжнародна конференція по вирощуванню та переробці сої. – Тсукуба, Ібаракі, Японія. –2000, жовтень. – С. 63-65).
4. Невмываный С.Л., Капрельянц Л.В. Функциональные соевые продукты // Хранение и переработка зерна. - 2001. - № 4. – С. 50-52.
5. Невмываный С.Л., Капрельянц Л.В. Нетрадиционные ферментированные продукты с пробиотическими свойствами // Хранение и переработка сельхозсырья, 2001. - № 10. – С. 54–55.
6. Невмываный С.Л., Капрельянц Л.В. Исследование реологических свойств ферментированных соевых продуктов типа йогурта // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2002. - №1. – С. 19 –21.
7. Невмиваний С.Л., Капрельянц Л.В. Технология новых продуктов из сои // Хранение и переработка зерна. – 2002. - №7. – С. 54-55.
8. Патент 44117 А Україна, МКП А 23 С 11/10. Спосіб одержання соєвого кисломолочного продукту / Г.П. Сіленко, Л.В. Капрельянц, В.В. Шерстобітов, С.Л. Невмиваний; Закрите акціонерне товариство науково-виробниче об'єднання "Одеський біотехнологічний інститут"; № 2001053061; Заявл. 04.05.2001; Опубл. 15.01.2002; Бюл. № 1.
9. Паулина Я.Б., Невмываный С.Л., Капрельянц Л.В. Консорциумы лакто- и

- бифидобактерий на безлактозных субстратах // Бюллетень института сельскохозяйственной микробиологии УААН. – 2000. - №7. – С. 28.
10. Невмыванный С.Л., Капрельянц Л.В. Разработка биотехнологии пробиотических продуктов на основе продуктов переработки сои // Междунар. конф. "Функциональные продукты питания" . – Тез. докл. – Кубань, 2001. – С. 108-109.

АНОТАЦІЯ

Невмыванный С.Л. Розробка біотехнології ферментованих соєпродуктів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 03.00.20. – біотехнологія. – Одеська державна академія харчових технологій, Одеса, 2002.

Дисертація присвячена розробці технології отримання аналогів кисломолочних продуктів високої біологічної цінності на основі рослинної сировини, які не містять лактози та інших алергенних факторів коров'ячого молока.

Досліджено хімічний склад сортів сої, районованих на Півдні України, а також соєвих білкових екстрактів (соєвого молока) одержуваних з цих сортів по спеціальній технології. Вивчення хімічного складу соєвого молока, показало, що воно містить живильні речовини, необхідні для розвитку лакто- та біфідобактерій.

Вивчено процес ферментування соєвого молока з використанням вітчизняних і закордонних йогуртових заквасок, а також чистих культур біфідобактерій *B. adolescentis* С-52, *B. longum* Я - 3, *B. bifidum* – 1.

Досліджено хімічний склад, мікробіологічні та реологічні показники одержуваного продукту. Готовий продукт містив близько 18 % сухих речовин, 5,6 % білка, 2,5 % жирів, 8 % вуглеводів і 1 % мінеральних елементів. По кількості лактобактерій в 1 см³ продукт майже не поступався традиційним йогуртам – $2-3 \times 10^8$, а по кількості біфідобактерій перевищував відомі вітчизняні кисломолочні продукти на 2-3 порядки – 10^9 .

Досліджено зміну органолептичних та мікробіологічних показників при зберіганні соєвого ферментованого продукту протягом 14 діб.

Розроблено та оптимізовано технологію отримання соєвих ферментованих продуктів, яка апробована в виробничих умовах.

Ключові слова: ферментування, соєве молоко, живильні речовини, лакто- та біфідобактерії, хімічний склад, технологія.

АННОТАЦИЯ

Невмыванный С.Л. Разработка биотехнологии ферментированных соепродуктов. Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 03.00.20. – биотехнология. – Одесская государственная академия пищевых технологий, Одесса, 2002.

Диссертация посвящена разработке технологии получения аналогов кисломолочных продуктов высокой биологической ценности на основе растительного сырья, которые не содержат лактозы и других алергенных факторов коровьего молока.

Основными задачами работы являлись: изучение состава соевых белковых продуктов, полученных по специальной технологии из сортов, районированных на Юге Украины для обоснования возможности ферментирования их культурами лакто- и бифидобактерий; исследование процесса ферментирования соевых экстрактов

культурами лакто- и бифидобактерий; изучение биохимических, микробиологических, реологических свойств получаемого продукта; разработка технологии получения соевых ферментированных продуктов и ее промышленная апробация.

Исследован химический состав сортов сои, районированных на Юге Украины, а также соевых белковых экстрактов (соевого молока) получаемых из этих сортов сои на установке, разработанной Одесским биотехнологическим институтом. Наилучшими показателями – выходом сухих веществ (8,7 %) и белка (4,0 %) при экстрагировании а также органолептическими показателями характеризовалось соевое молоко, полученное из бобов сорта "Аркадия". Проанализирован химический состав соевого молока, как субстрата для культивирования лакто- и бифидобактерий и установлено, что оно содержит компоненты, необходимые для их развития.

Изучен процесс ферментирования соевого молока с использованием отечественных и зарубежных заквасок, а также чистых культур бифидобактерий *B. adolescentis* С-52, *B. longum* Я 3, *B. bifidum* – 1. Для йогуртных заквасок при достижении стационарной фазы роста (4,5-6 ч) количество клеток молочнокислых бактерий в 1 см³ составляло 3-6х10⁸, для бифидобактерий стационарная фаза наступала после 9-12 ч

ферментирования, при этом количество клеток в 1 см составляло 2-4х10⁹. Наилучшие результаты получены при использовании йогуртной закваски УС-Х-11 (Т=2 ч, μ =1,75 ч⁻¹, Lg КОЕ 8,6) и *B. adolescentis* (Т=3 ч, μ =1,1 ч⁻¹, Lg КОЕ 9,5). Исследовано влияние различных факторов на ферментирование соевого молока. Оптимальные результаты получены при доведении до массовой доли сухих веществ до 14 %, внесении закваски в количестве 5 %, температуре процесса ферментирования – 40 °С.

При ферментировании закваской УС-Х-11 количество стахиозы снижалось на 8,5 %, раффинозы – на 12 %, сахарозы – на 55 %. Количество небелкового азота за четыре часа развития снижалось на 55 %, потом начинало возрастать и после 8 часов приблизительно достигло начального содержания (4,7 мг/мл). Ферментирование соевого молока бифидобактериями показало значительное снижение количества олигосахаридов – в среднем на 50 %. Так *B. adolescentis* С-52 снижали количество стахиозы на 50 %, раффинозы на 52,3 %, *B. longum* Я 3 соответственно - на 56,4 и 69,4 %, *B. Bifidum*-1 – на 42,5 и 36,2 %. Использование бифидобактерий приводило к повышению количества небелкового азота в ферментированном продукте. Так после 10-12 часов ферментирования его количество на 30-50 % превышало исходную величину.

Исследован химический состав, микробиологические и реологические показатели получаемого продукта. Готовый продукт содержал около 18 % сухих веществ, 5,6 % белка, 2,5 % жиров, 8 % углеводов и 1 % минеральных элементов, при использовании обогатителя "Самсон" продукт содержал около 1 % пищевых волокон.

В целях расширения ассортимента и увеличения сроков хранения соевого ферментированного продукта был изучен процесс его сушки в кипящем слое инертного носителя. Оптимальная температура высушивания составила 72-75 °С, при этом количество сухих веществ в продукте составляло 94 % а число КОЕ лакто- и бифидобактерий в 1 см³ превышало 10⁹.

Исследовано влияние хранения на изменение органолептических и микробиологических показателей целевого продукта. Проведены испытания пробиотических свойств полученных продуктов *in vivo*.

Исследованы и обоснованы при помощи методов математического моделирования

оптимальные технологические параметры ферментирования соевых экстрактов. На основании полученных данных разработана и апробирована в производственных условиях технология получения соевых ферментированных продуктов.

Ключевые слова: ферментирование, соевое молоко, питательные вещества, лакто- и бифидобактерии, химический состав, технология.

ANNOTATION

Nevmivaniy S.L. Elaboration of soy-based fermented products biotechnology.

The thesis for a candidate's degree of technical sciences for specialty 03.00.20 – biotechnology. – The Odessa State Academy of Food Technologies, Odessa, 2002.

The thesis is devoted to the development of the technology of dairy product substitutes with a high biological value, which free of lactose and others allergenic of a cow's milk.

The chemical composition of the soy cultivars, grown on the South of Ukraine and the soy protein extracts (soy-milk) obtained from them by a special technology was investigated. The study of a chemical composition of soy-milk demonstrated that it contained the nutritious factors which necessary for a lacto- and bifidobacterium growth.

The process of soy-milk fermentation with using of domestic and foreign yogurt leavens and pure cultures of the bifidobacterium strains *B. adolescentis* C-52, *B. longum* Я 3, *B. bifidum*-1 was studied.

The chemical composition, the microbiological and the reological parameters of the developed product were investigated. The product contained about 18 % of dry weight, proteins – 5,6 %, fat – 2,5, carbohydrates – 8 % and mineral elements – 1 %.

The product was not worse than the dairy counterparts for the number of lactobacterium ($2-3 \times 10^8$ CFU/ml), and the number of bifidobacterium was 2-3 decimal higher of known domestic dairy products (10^9 CFU/ml). The changing of organoleptic and microbiological properties during 14 days storage of the product were investigated. The technology of elaboration of the soy-based fermented products approbated in the industrial conditions was developed.

Key words: fermentation, soy-milk, nutritious substances, lacto- and bifidobacterium, chemical composition, technology.