



ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЖІТКОВА ЛІЛІЯ ГЕОРГІЇВНА

УДК: 613.2:635.655-027.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ІНГРЕДІЄНТІВ З СОЇ**

Спеціальність 03.00.20 – біотехнологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій,
Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії України,
заслужений діяч науки і техніки України
Капрельянець Леонід Вікторович,
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра біохімії, мікробіології і фізіології харчування, завідувач
кафедри, проректор академії з наукової
роботи та міжнародних зв'язків.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Безусов Анатолій Тимофійович,
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технології консервування, завідувач кафедри;
кандидат технічних наук, доцент
Ямборко Ганна Валентинівна,
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,
кафедра мікробіології і вірусології, доцент кафедри.

Захист відбудеться *23 грудня 2008 року о 13³⁰ годині* на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 41.088.02 Одеської національної академії харчових технологій
(65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської національної академії харчових
технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий *21 листопада 2008 року*.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, д.т.н., професор

Г. М. Станкевич

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з найважливіших завдань кожної країни повинно бути збереження здоров'я та працездатності населення, збільшення тривалості та поліпшення якості життя своїх громадян. Саме тому поширення асортименту корисних для здоров'я продуктів є пріоритетним напрямком у харчовій промисловості України. Актуальність такої стратегії в галузі харчування зумовлена об'єктивними причинами: погіршенням екологічних умов життя, зміною якості їжі, що призводить до сталого дефіциту споживчих нутрієнтів у ній.

Рішення проблеми вимагає створення та активного впровадження у сучасну структуру харчування функціональних продуктів і інгредієнтів, які за своїм складом заповнюють дефіцит харчових речовин та здатні ефективно захистити організм від негативного біологічного та техногенного впливу оточуючого середовища.

Серед пріоритетних задач, які вирішуються в галузі виробництва продуктів харчування, велике значення мають питання, пов'язані зі зміною та впровадженням існуючих технологій з метою підвищення ефективності комплексної переробки сировини і підвищення випуску високоякісних продуктів і інгредієнтів харчування з мінімальною кількістю відходів.

Успіхи мікробіології і біотехнології мають особливе значення в досягненні цієї мети тому, що дозволяють перевести технологічні процеси на якісно новий рівень, який передбачає використання м'яких режимів обробки рослинної сировини, котрі дозволяють зберігати природні біологічно активні речовини і нутрієнти.

Широкий спектр біологічно активних нутрієнтів, які використовуються для виробництва функціональних продуктів харчування, представлено у продуктах рослинного походження, яскравим представником серед котрих є соя й продукти її переробки. Суттєвим недоліком традиційних методів переробки сої є те, що вони не забезпечують в достатній мірі необхідну глибину її трансформації, не дозволяють вилучати та зберігати лабільні інгредієнти, які володіють особливими фізіологічними властивостями.

Ферментні препарати різного спектра дії дозволяють повніше використовувати рослинну сировину, інтенсифікувати технологічні процеси, розширити асортимент продукції, одержаної економічними методами. Вивчення цих питань забезпечує комплексну переробку рослинної сировини на якісно новому рівні і сприяє включенню до харчового раціону додаткових джерел функціональних продуктів і інгредієнтів.

Таким чином, удосконалення існуючих технологій виробництва функціональних інгредієнтів і продуктів з сої з використанням ферментних препаратів є актуальним. Завдяки використанню біотехнологічних підходів до переробки сої, можливо проводити направлену модифікацію цієї сировини, а комплексна її переробка з урахуванням вторинних матеріальних

ресурсів – розширити асортимент харчових інгредієнтів і сферу їх застосування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувалися відповідно до тематики міжвузівської програми науково-дослідної роботи № 31 «Будова, склад, властивості і перетворення компонентів рослинної сировини, як основи створення поліфункціональних добавок, збагачувачів і модулів для одержання продуктів з новими властивостями, які забезпечують продовольчу безпеку населення України», затвердженої наказом Міністерства освіти і науки України № 271 від 15.08.96, зокрема, за темою досліджень проблемної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій 2/97-П «Розробка наукових основ і технологій виробництва харчових речовин та функціональних продуктів харчування на основі біотехнологічних методів переробки рослинної сировини, біомаси мікроорганізмів та екзометаболітів» (№ держреєстрації 0197U016054; а також за тематикою постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної науково-технічної програми розроблення і впровадження технологій виробництва соєвих продуктів на 2005-2007 роки», яка була прийнята у вересні 2004 року.

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є розробка технології отримання функціональних харчових продуктів і інгредієнтів з сої з використанням біотехнологічних методів.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені наступні завдання:

- вивчити хімічний склад різноманітних сортів сої, районованих на півдні України, з метою обґрунтування можливості її комплексної переробки при виробництві функціональних продуктів і інгредієнтів;
- з'ясувати активність гідролітичних ферментів та їх дію на полісахариди клітинних стінок соєвих бобів;
- розробити і обґрунтувати технологічні параметри виробництва соєвого екстракту з використанням гідролітичних ферментних препаратів;
- вивчити біохімічний склад, мікробіологічні і органолептичні показники якості, харчову та енергетичну цінність соєвих екстрактів, а також умови їх зберігання;
- розробити технологічні параметри отримання препарату пектину з соєвої окари; вивчити біохімічний склад і фізичні показники якості препарату пектину;
- провести скринінг мікроорганізмів роду *Lactobacillus* і *Bifidobacterium* для отримання ферментованих пробіотичних продуктів на основі соєвих екстрактів; провести дослідження ферментації соєвих екстрактів, а також визначити органолептичні показники якості готових продуктів;
- провести дослідження можливості застосування соєвих екстрактів і препарату пектину,

отриманого з соєвої окари в кондитерських виробках; вивчити фізико-хімічні та органолептичні показники якості готових продуктів, а також визначити їх біохімічний склад;

- розробити технологічну схему комплексної переробки сої, провести її промислову апробацію, розробити нормативну документацію на одержання продуктів, розрахувати собівартість отриманих продуктів.

Об'єкт дослідження – біотехнологія отримання функціональних продуктів та інгредієнтів з сої.

Предмет дослідження – соя, ферментні препарати, біохімічні процеси ферментативної деградації біополімерів сої, соєві екстракти, лактобактерії, біфідобактерії, ферментовані продукти, пектинові речовини.

Методи дослідження – загальноприйняті і спеціальні біотехнологічні, фізико-хімічні, біохімічні, технологічні, органолептичні, аналітичні, математичні з використанням сучасних пристроїв і комп'ютерних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів. Досліджено вплив ферментних препаратів на модифікацію біополімерів сої. Обрано оптимальне співвідношення ферментних препаратів при виробництві соєвого екстракту. Вивчено біохімічний склад соєвих екстрактів після застосування ферментативного гідролізу. Отримано продукти, збагачені рослинним білком, мінеральними елементами, харчовими волокнами, фіторечовинами сої. Вивчено процеси росту та розмноження пробіотичних мікроорганізмів на отриманих соєвих екстрактах. Установлено, що використання соєвих екстрактів дає змогу отримати ферментовані продукти пробіотичної дії. Вперше показано можливість використання соєвої окари як сировини для отримання препарату пектину. Отриманий пектин за органолептичними та технологічними показниками не відрізняється від яблучного та цитрусового. Теоретично обґрунтовано та експериментально доказано можливість виробництва функціональних харчових інгредієнтів з соєвих бобів при використанні ферментних препаратів. Наукова новизна роботи підтверджена двома деклараційними патентами України на корисну модель № 23997 і № 30786.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі експериментальних і теоретичних досліджень отримано експериментальний матеріал, який дозволив розробити технологію комплексної переробки сої та отримати функціональні харчові інгредієнти на її основі. Розроблено нормативну документацію на виробництво соєвого екстракту (ТУ У 15.5-02071062-002:2008 і ТП) і соєвого препарату пектину (ТУ У 15.8-02071062-001:2008 і ТП). Розроблена технологія апробована на промисловій базі ТОВ НВО «Одеський біотехнологічний інститут».

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною роботою автора. Експериментальна робота виконана особисто здобувачем. Автором розроблено наукові основи

одержання функціональних продуктів і інгредієнтів з сої, забезпечено методичне оформлення роботи, виконано аналітичну і експериментальну роботу, проведено аналіз і узагальнення отриманих результатів, сформульовано висновки і рекомендації, підготовлено матеріали досліджень до публікацій у вигляді статей, патентів і тез, розроблено нормативну документацію, проведено промислову апробацію розробленої технології. Особистий внесок здобувача підтверджується наданими документами і науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались та обговорювались на наступних наукових конференціях: II-а Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток наукових досліджень-2006» (Полтава, 2006 р.); ЙЙ-а Міжнародна науково-практична конференція «Харчові технології-2006» ОНАХТ (Одеса, 2006 р.); IV-а Міжнародна науково-практична конференція «Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія» (Харків, 2006 р.); Міжнародна наукова конференція «Мікробні біотехнології» ОНУ (Одеса, 2006 р.); 66-а та 67-а Наукові конференції ОНАХТ (Одеса, 2006, 2007 рр.); Конференція молодих вчених та аспірантів «Modern problems of microbiology and biotechnology» ОНУ (Одеса, 2007 р.); III-я Міжнародна конференція молодих вчених «Розмаїття живого. Екологія. Адаптація. Еволюція» (Одеса, 2007 р.); 73-я Наукова конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Наукові здобутки молоді-вирішенню проблем харчування людства у ЧЧІ столітті» (Київ, НУХТ, 2007 р.); ЙЙЙ Міжнародна науково-практична конференція «Наукові дослідження-теорія та експеримент 2007» (Полтава, 2007 р.); Міжнародна наукова конференція «Food science engineering and technologies-2007» (Пловдів, 2007 р.);

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковано у 16-ти друкованих працях, з них 4 статті у фахових виданнях, 2 деклараційних патенти України на корисну модель № 23997 та № 30786, 1 стаття у науковому виданні, тези 9 доповідей в матеріалах наукових і науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літературних джерел та додатків. Робота викладена на 137 сторінках, які включають рисунків 29 (14 сторінок), 34 таблиці (19 сторінок). Робота містить 275 найменування використаних літературних джерел (25 сторінок) та 10 додатків (52 сторінки).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі висвітлено стан проблеми та її актуальність, сформульовано мету та завдання досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення результатів, відображено результати апробації, окреслено особистий внесок здобувача, структуру і обсяг роботи.

У першому розділі «Сучасні технології комплексної переробки сої з використанням

ферментних препаратів” узагальнено дані сучасної наукової та патентної літератури стосовно теоретичних аспектів виробництва функціональних продуктів і інгредієнтів з рослинної сировини. Розглянуто інформацію про сучасні потреби ринку України в функціональних продуктах харчування профілактичного та лікувального напрямку. Підтверджена доцільність збільшення об’ємів виробництва функціональних продуктів. Наведено біохімічний склад сої та продуктів її переробки, як джерел функціональних інгредієнтів. Проаналізовано вже існуючі технології переробки сої в харчові продукти та інгредієнти.

Наведено характеристику пектинових речовин рослинного походження, встановлено шляхи застосування не тільки традиційної сировини для їх виробництва, але і нових джерел-відходів або вторинних продуктів переробки рослинної сировини.

Розглянуто біотехнологічні засоби переробки рослинної сировини, а також застосування ферментних препаратів при переробці сої в функціональні продукти.

У висновку підкреслена актуальність обраної спрямованості для виконання дисертаційної роботи та доцільність комплексної переробки сої.

У другому розділі “Об’єкти та методи досліджень” наведено структурну схему, яка відображає основні напрямки досліджень та взаємозв’язок головних етапів роботи (рис.1), викладені відомості про об’єкти та методи досліджень;

Об’єктом досліджень стала біотехнологія отримання нових функціональних продуктів і інгредієнтів з сої. За сировину та складові для отримання функціональних продуктів і інгредієнтів було обрано: сорти сої врожаю 2004 – 2007 р. («Ельдорадо», «Успіх», «Аркадія», «Одеська-150»), отримані з відділу селекції, генетики і насінництва бобових культур Селекційно-генетичного інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення УААН; промислові ферментні препарати, які виробляють підприємства України, Росії та Польщі: Целюлаза-100, Целокандин Г10х, Мацеробацилін Г10х і Пектофоєтидин П10х, чисті культури біфідобактерій: *Bifidobacterium longum*-ЯЗ, *Bifidobacterium adolescentis*-С-52, *Bifidobacterium bifidum*-1, та лактобактерій *Lactobacillus acidophilus*-Ер-317/402, *Lactobacillus plantarum*-8Р-А3 та *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*-АТСС-55163, а також *Streptococcus lactis* з музею кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування ОНАХТ.

Основна частина досліджень була проведена в лабораторіях кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування; окремі дослідження виконувалися в лабораторіях кафедри технології молока та сушіння харчових продуктів; в лабораторіях кафедри технології хліба, кондитерських виробів і громадського харчування ОНАХТ; в лабораторії біохімії Одеського селекційно-генетичного інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення УААН.

В дослідженнях використовували як стандартні, так і оригінальні біохімічні, фізико-хімічні, мікробіологічні та технологічні методи досліджень.

Промислову апробацію та випуск дослідної партії розроблених продуктів проводили на промисловій базі ТОВ НВО «Одеський біотехнологічний інститут». Всі досліді проводили не менше, ніж у трьох повторностях, математичну обробку результатів здійснювали загальноприйнятими статистичними методами.

У третьому розділі “Дослідження біотехнологічних процесів переробки соєвих бобів у харчові продукти та інгредієнти” наведено результати власних експериментальних досліджень. Наведено біохімічний склад сортів сої, районованих на півдні України. Отримані результати показали, що основна маса складається з 38...42 % білків, 17...22 % жиру, 22...28 % вуглеводів і залежить від сорту, місця зростання і кліматичних умов.

Наведено результати досліджень обробки соєвих бобів водою, водним розчином гідрокарбонату натрію та бланшуванням. Установлено, що оптимальними технологічними параметрами, які дозволяють розм'якшити соєві боби і усунути їх антипоживні компоненти є замочування у водному розчині гідрокарбонату натрію з масовою концентрацією 0,5 %, впродовж 6 годин при 60 °С і подальше бланшування при 90 °С та тривалості процесу 15 хвилин. Ці умови забезпечують розм'якшення бобів, а також інактивацію їх ліпоксигеназного комплексу ферментів, таким чином сприяючи усуненню специфічного соєвого запаху, який легко передається готовим виробам.

Дослідження ферментативного гідролізу соєвих біополімерів передбачало вивчення структурних особливостей клітин сої (рис. 2).

Методом мікроскопії виявлено, що форма клітин всіх сортів однакова- циліндрова, витягнута, а розміри і об'єм різні: довжина $50-70 \cdot 10^{-5}$ м, ширина $15-25 \cdot 10^{-5}$ м.

Клітинні стінки соєвих бобів представлені первинною та вторинною оболонками, які розрізняються за складом, структурою і міцністю, є складними природними субстратами, містять в своєму складі: пектинові речовини, целюлози, геміцелюлозу, білкові речовини і лігнін. Природні біополімери тісно взаємозв'язані між собою і достатньо диференційовані.

На наступному етапі досліджень проводили вивчення закономірностей ферментативної деградації полісахаридів клітинних соєвих стінок під впливом ферментних препаратів : Целюлази-100, Целокандину Г10х, Мацеробациліну Г10х та Пектофестидину П10х, характеристика активностей ферментних препаратів наведена в (табл. 1).

Отримані результати показали, що максимальний ступінь конверсії біополімерів для кожного ферментного препарату індивідуальний і досягає свого максимуму при концентрації та активності ферменту в реакційному середовищі як для Целюлази-100, так і Целокандину Г10 0,5 од/г сухих речовин соєвих бобів, Мацеробацилін Г10 1,0 од/г та Пектофестидин П10 1,5 од/г сухих речовин соєвих бобів. Подальше збільшення концентрацій не приводило до значної зміни ступеня біоконверсії біополімерів вуглеводної природи (рис. 3). Характер кінетичних даних

свідчить про те, що соєві полісахариди максимально деградують за 180 хвилин (рис. 4).

За цей час соєві полісахариди прогідролізовані: Целюлазою-100 на 4,57 %, Целокандином Г10 4,18 %, Мацеробациліном Г10 1,66 %, Пектофоестидином П10 2,16 %. Такий характер процесу ферментативного гідролізу пов'язаний з тим, що до складу ферментних препаратів входять комплекси, які відрізняються за рівнем каталітичної активності.

Результати попередніх досліджень щодо вибору ферментних препаратів для первинної обробки соєвих бобів показали, що використання ферментного препарату Целюлаза-100 призводить до найменшого розміру нерозчинних частинок клітинних стінок бобів. Оптимальними параметрами ферментативного гідролізу визнані: активність ферменту 0,5 од/г сухих бобів, температура 50 °C, рН 4,8, тривалість процесу 180 хвилин. Збільшення часу та підвищення активності ферменту при ферментативному гідролізі будь-якими з наведених ферментів не давали суттєвого зменшення розміру нерозчинних частинок (табл.2).

Для подальшого зменшення нерозчинних частинок тканин соєвих бобів проводили двоступеневий гідроліз іншими ферментними препаратами після обробки Целюлазою-100. Установлено, що найбільш ефективно каталізує реакцію розщеплення біополімерів клітин соєвих бобів Пектофоестидин П10х, що приводить до подальшого зменшення частинок і збільшення масової частки біополімерів у ферментолізатах. Оптимальними параметрами процесу ферментолізу бобів Пектофоестидином П10х є: активність ферменту 1,5 од/г сухих бобів, температура 45 °C, рН 5,0, тривалість 120 хвилин (табл. 3).

Проведено дослідження з вибору оптимального співвідношення ферментних систем Целюлази-100 та Пектофоестидину П10х. Показано, що таке співвідношення залежить від температури, тривалості процесу і активності ферментів. Установлено оптимальне співвідношення активностей ферментних препаратів, яке становить: 0,5 од/г Целюлази-100 та 1,5 од/г сухих речовин соєвих бобів Пектофоестидину П10х у реакційному середовищі (рис. 4). При цьому вихід редукуючих речовин склав 15 % від загального вмісту вуглеводів (рис. 5), ступінь конверсії 7,8 % за 300 хвилин ферментативного гідролізу.

Використання такої композиції ферментів дозволило значно підвищити ефективність гідролізу та підвищити ступінь конверсії сировини з 4,6 % до 7,8 %, а вихід редукуючих речовин з 11,63 % до 15 % відповідно.

Вивчення процесів ферментативного гідролізу біополімерів підтвердило, що ступінь їх конверсії залежить від будови, розгалужень і розмірів макромолекул. Реакційна здатність сировини у цілому залежить від попередньої обробки, характеру і локалізації біополімерів та присутності в ній лігніну. Швидкість ферментативної деградації підвищується за рахунок постадійної дії ферментів. Отримані ферментолізати соєвих екстрактів характеризуються наявністю в них моносахаридів, основна маса з яких приходить на глюкозу 21,62 % та ксилозу

8,14 %, значно менше складали: галактози 2,46 %, уронови кислоти 2,86 % і арабінози 0,71 % від масової частки редукуючих речовин.

Проведені дослідження біохімічного складу отриманих соєвих екстрактів показали, що всі вивчені сорти сої можуть використовуватися для одержання соєвого екстракту з підвищеним вмістом білка 70...80 %. Білки екстрактів повноцінні за незамінними та за замінними амінокислотами. Ступінь перетравлювання білків 83 %, коефіцієнт ефективності 2,3.

Органолептична оцінка якості отриманих екстрактів показала, що вони мають приємний смак і легкий приємний запах, однорідну консистенцію, біло-кремовий колір, рівномірний по всій масі.

На наступному етапі досліджень для отримання пробіотичного продукту були досліджені закономірності росту і розвитку лактобактерій і біфідобактерій при їх культивуванні на соєвих екстрактах (рис. 6).

Отримані результати показали, що для виробництва ферментованого продукту з пробіотичними властивостями можна використовувати різні штами лактобактерій. Було виявлено, що найбільш активно розвиваються *Lactobacillus acidophilus*, значно слабкіше *Lactobacillus plantarum* та *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*, *Streptococcus lactis*. Найгірше за всі обрані культури на соєвому екстракті розвивалась культура *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*, яка не здатна споживати вуглеводи сої, включаючи сахарозу.

Для отримання ферментованих продуктів з використанням біфідобактерій наведені дослідження впливу компонентів соєвих екстрактів на їх ріст та розвиток при культивуванні.

З розглянутих штамів біфідобактерій (*Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium bifidum*) рекомендовано використовувати *B. longum* і *B. adolescentis*. Установлено, що *B. bifidum* має слабкі технологічні властивості й практично не розвивався на соєвих екстрактах (рис. 7). Ферментовані продукти володіють пробіотичними властивостями з концентрацією *Lactobacillus* $(1...4) \cdot 10^8$ КУО/г, *Bifidobacterium* $(3...5) \cdot 10^9$ КУО/г.

Для вибору тривалості зберігання ферментованих соєвих продуктів з пробіотичними властивостями їх зберігали при температурі +4...+6 °С в негерметизованій тарі, контролюючи при цьому зміну титрованої і активної кислотності, органолептичні і мікробіологічні показники якості. Експериментально встановлено, що на протязі 14 діб продукти за своїми органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідають вимогам нормативної документації до виробництва традиційних молочнокислих продуктів. Через 14 діб зберігання кількість клітин лактобактерій у досліджуваних продуктах становила в середньому $(4...6) \cdot 10^6$ КУО/г, а кількість клітин біфідобактерій $2 \cdot 10^7$ КУО/г, при цьому патогенні мікроорганізми не виявлені, титрована кислотність не перевищувала 70 °Т, активна кислотність не знижувалася нижче рН 5.

Отримані результати дозволили визначити гарантійний термін придатності до споживання ферментованих продуктів при температурі $+4...+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ у не герметичній упаковці, не більше 14 діб.

Досліджено процеси висушування ферментованих екстрактів у киплячому шарі інертного матеріалу, встановлено, що оптимальні параметри, при яких спостерігалась хороша життєздатність мікроорганізмів, становили: температура висушування $75...72\text{ }^{\circ}\text{C}$, впродовж 15 хвилин. Кількість клітин у досліджуваних продуктах після висушування становила в середньому $(6...9)\cdot 10^9$ КУО/г.

На наступному етапі, для отримання препарату пектину з соєвої окари, було проведено дослідження біохімічного складу соєвої окари. Встановлено, що вміст пектинових сполук складає від 1,85 до 7,05 % (до маси сухої речовини) і залежить від сорту сої та місця її вирощування.

Встановлено технологічні параметри процесу гідролізу-екстрагування пектинових речовин з соєвої окари (табл. 4).

Отримані результати показали, що максимальний вихід пектинових сполук спостерігається при температурі процесу $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, масовій концентрації соляної кислоти в середовищі 0,75 %, гідромодулі 1 : 20 і тривалості процесу 120 хвилин. Отриманий препарат пектину має вміст загальних вільних карбоксильних груп 5,0 %, ацетильних груп 0,85 %, метоксильних груп 2,2 %, при цьому ступінь етерифікації становив 60,00 %, молекулярна маса 28500 Да.

Отриманий пектин має вигляд порошку світло-коричневого кольору, без притаманних соєвим бобам смаку та запаху.

Таким чином, розроблено наукові основи комплексної переробки соєвих бобів та процеси: ферментативного гідролізу соєвих біополімерів, ферментації соєвих екстрактів лакто- та біфідобактеріями, гідролізу-екстрагування соєвої окари, що дозволило обґрунтувати технологічні підходи до створення інгредієнтів і функціональних продуктів з пробіотичними властивостями.

У четвертому розділі “Розробка біотехнології отримання функціональних продуктів інгредієнтів з соєвих бобів” з огляду на проаналізовані результати досліджень виявлено оптимальні параметри комплексної переробки соєвих бобів.

Наведено технологічну схему одержання функціональних продуктів і інгредієнтів (рис. 8): соєвого екстракту, отриманого з використанням ферментних препаратів, ферментованих продуктів, препарату пектину, які отримуються при комплексній переробці сої. Описано основні етапи розробленої технології.

Показана доцільність використання отриманих функціональних продуктів та інгредієнтів при виробництві збивних кондитерських мас. Доведено можливість повної заміни цитрусового пектину на соєвий пектин. Показано, що внесення екстрактів в збивні кондитерські маси істотно поліпшує якісні характеристики піни: знижується на 20...25 % густина, кратність піни збільшується в 1,5 рази в порівнянні з контрольною, швидше утворюється міцна структура

виробів, що скорочує тривалість їх вистоювання. Найбільшу піностійкість мають кондитерські маси з масовою часткою соєвого екстракту 60 %. Ці маси мають підвищену стійкість завдяки фракції 7S соєвих білків, які переходять у стан ліогелю і приймають участь у формуванні структури збивної маси.

Розраховано собівартість отриманих продуктів, яка становить для соєвого екстракту, отриманого з використанням ферментних препаратів, 7,4 грн./л., для ферментованого соєвого продукту на основі *Lactobacillus acidophilus* – 9,35 грн./л., для соєвого пектину – 350 грн./кг, тоді як собівартість цитрусового пектину складає 403,77 грн./кг.

Проведено промислову апробацію розробленої технології шляхом випуску партії соєвого екстракту з використанням ферментних препаратів і соєвого препарату пектину на промисловій базі ТОВ НВО „Одеський біотехнологічний інститут”. Показано можливість використання серійного обладнання для комплексної переробки сої. Показники продуктів з дослідних партій відповідали вимогам розробленої нормативної документації.

Здійснено дослідження функціональних інгредієнтів *in vivo*. Встановлено здатність запропонованих продуктів нормалізувати кишкову мікрофлору при постійному вживанні та включенні до раціону харчування.

ВИСНОВКИ

На підставі теоретичних узагальнень і експериментальних досліджень запропоновано і реалізовано наукову концепцію ефективної комплексної переробки соєвих бобів у функціональні продукти та інгредієнти з подальшим їх використанням в харчових системах, що дозволяє підвищити їхню якість і біологічну цінність.

1. Проведено дослідження з морфологічного та біохімічного складу сортів сої, районованих на півдні України («Ельдорадо», «Успіх», «Аркадія», «Одеська - 150»). Визначено, що боби сої за морфологією складаються на 10,39 % насінної оболонки, 87,07 % сім'ядолі та 2 % гіпокотилі. Основна маса бобів складається з 38...42 % білків, 17...22 % жиру, 22...28 % вуглеводів і залежить від сорту, місця зростання і кліматичних умов. На основі біохімічного складу встановлено, що соя-складна багатокомпонентна система, містить різні біологічно активні речовини і може використовуватися як сировина для виробництва функціональних продуктів і інгредієнтів.
2. На основі будови клітини соєвих бобів та біохімічного складу біополімерів теоретично обґрунтовано вибір ферментних препаратів для виробництва соєвого екстракту. Обґрунтовано умови попередньої обробки соєвих бобів водним розчином гідрокарбонату натрію з масовою часткою 0,5 %, при

температурі 60 °С на протязі 6 годин з наступним бланшуванням. Така обробка забезпечує розм'якшення бобів, призводить до інактивації антипоживних речовин й усунення специфічного соєвого запаху. Визначено, що при комплексній переробці бобів методом ферментативного гідролізу необхідно використовувати ферменти амілолітичного характеру (Целюлаза-100, Целокандин Г10х, Мацеробацилін Г10х і Пектофостидин П10х).

3. Установлено, що біоконверсія біополімерів ферментним препаратом Целюлаза-100 з масовою активністю 0,5 од/г сухих речовин соєвих бобів, при температурі 60 °С, рН 4,8 з тривалістю гідролізу 180 хвилин забезпечує зменшення нерозчинних частинок соєвих бобів з 1200 мкм до 329 мкм. Використання двостадійної ферментативної обробки та внесення Пектофостидину П10х з активністю 1,5 од/г сухих речовин соєвих бобів при 45°С, рН 5, тривалості 120 хвилин (загальна тривалість процесу 300 хвилин) призводить до подальшого зменшення розміру частинок до 144 мкм і збільшення масової частки біополімерів у ферментолізатах. Визначено оптимальне співвідношення ферментативної композиції Целюлази-100 і Пектофостидину П10х (0,5 : 1,5 од/г сухих речовин соєвих бобів). Використання такої композиції ферментів дозволило значно підвищити ефективність гідролізу та підвищити ступінь конверсії сировини з 4,6 % до 7,8 % а вихід редукуючих речовин з 11,63 % до 15 % відповідно.
4. Вивчено біохімічний склад соєвих екстрактів. Установлено, що соєві екстракти містять 70...80 % білка, який біологічно повноцінний за амінокислотним складом, різні інші біологічно-активні речовини, у тому числі фактори росту лакто- і біфідобактерій (вітаміни, насичені та ненасичені жирні кислоти, макро- та мікроелементи), а також фітокомпоненти поліфенольної природи. За органолептичними показниками екстракт має приємний смак, запах, однорідну ніжну консистенцію, біло-кремовий колір, рівномірний по всій масі і не містить гнильних та патогенних мікроорганізмів. Доказано можливість використання соєвих екстрактів як добавок у харчових системах.
5. Розроблено технологічні параметри отримання препарату пектину з соєвої окари. Установлено оптимальні параметри максимального виходу пектинових сполук: температура процесу 100 °С, масова концентрація соляної кислоти в середовищі 0,75 %, гідромодуль 1 : 20 та тривалість процесу 120 хвилин.
6. Проведено скринінг мікроорганізмів роду *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*, обґрунтовані умови їх росту та розвитку на соєвих екстрактах. Установлено,

що найбільш активно розвивались з *Lactobacillus- L. acidophilus* , а *Bifidobacteriu -B. longum* і *B. Adolescentis* які добре споживають поживні речовини екстрактів і накопичують $(1...4) \cdot 10^8$ КУО/г і $(3...5) \cdot 10^9$ КУО/г відповідно. Визначено термін зберігання ферментованих продуктів з пробіотичними властивостями, що становить не більше 14 діб при температурі $+4...+6^{\circ}\text{C}$ у негерметичній упаковці. Установлено, що протягом цього часу продукт відповідає вимогам нормативної документації та зберігає свої пробіотичні властивості, а саме: концентрація лактобактерій не менше $(4...6) \cdot 10^6$ КУО/г та біфідобактерій – $2 \cdot 10^7$ КУО/г .

7. Доведено можливість застосування соєвих екстрактів і препарату пектину при виробництві збивних кондитерських виробів. Вивчено біохімічний склад який показав збагачення їх біологічно-активними речовинами.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Пожіткова Л. Г. Биотехнологические подходы при переработке соевых бобов / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Наук. праці ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2006. – Вип. № 29. – С. 259 – 260.
2. Пожіткова Л. Г. Отримання пектину з соєвої окари / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц, Г. Й. Євдокимова // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2007. – Вип. 17, Т. 1. – С. 119 – 123.
3. Пожіткова Л. Г. Характеристика пектинових речовин соєвої окари / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: Зб. наук. праць ХДУХТ. – Харків, 2007. – Вип. 1 (5). – С. 126 – 131.
4. Пожіткова Л. Г. Исследование процесса экстракции пектиновых веществ из сои / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Наук. праці ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2007. – Вип. № 30. – С. 48 – 51.
5. Пат. 23997. Україна, МПК A23L 1/0524. Спосіб одержання пектину з соєвої окари / Л. В. Капрельянц, Л. Г. Пожіткова – № у 2007 02056; заявл. 26.02.2007; опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8.
6. Пат. 30786. Україна, МПК A23L 1/20. Спосіб одержання соєвого екстракту (молока)/ Л.В. Капрельянц, Л.Г. Пожіткова – № у 2007 12953; заявл. 23.11.2007; опубл. 11.03.2008, Бюл. № 5.

7. Pozhitkova L.G. Application of enzymatic agents during reprocessing of soy-beans / L.G. Pozhitkova, L.V. Kaprelyants // Scientific conference with international participation «Food science engineering and technologies-2007». – Plovdiv: University of Food technologies, 2007. – № 2. – С. 171 – 175.

8. Пожіткова Л. Г. Удосконалення технології переробки соєвих бобів / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія: Тези доповідей IV міжнар. наук-практ. конф. – Харків. ХДУХТ, 2006. – Ч. 1. – С. 84 – 86.

9. Пожіткова Л. Г. Использование гидролитических ферментов при производстве соевого экстракта / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Мікробні біотехнології: Тези доповідей міжнар. наук. конф. – Одеса: ОНУ. ім. Мечнікова І.І. 2006. – С. 91

10. Пожіткова Л. Г. Пектиновые вещества сои / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Харчові технології - 2006: Тез доп. II міжнар. наук.-практ. конф. – Одеса: ОНАХТ, 2006. – С. 36.

11. Пожіткова Л. Г. Розробка комплексної переробки сої / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Розвиток наукових досліджень – 2006: Матеріали ІІІ міжнар. наук–практ. конф.– Полтава: «ІнтерГрафіка», 2006. – Т. 5. – С. 113 – 114.

12. Пожіткова Л. Г. Удосконалення умов отримання соєвого екстракту / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Студ. наук.-практ. конф.: Зб. наук. пр. молодих вчених, аспірантів та студентів. – Одеса: ОНАХТ, 2007. – С. 142 – 144.

13. Пожіткова Л. Г. Використання гідролаз при отриманні соєвого екстракту / Л. Г. Пожіткова, Л. В. Капрельянц // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблеми харчування людства у ЧЧІ столітті: Матеріали 73-ої наук. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів. – Київ: НУХТ, 2007. – Ч. ІІІ. – С. 10.

14. Пожіткова Л. Г. Застосування целюлазного комплексу ферментів при переробці сої / Л. Г. Пожіткова // Наукові дослідження – теорія та експеримент 2007: Матеріали третьої міжнар. наук.-практ. конф. – Полтава: «ІнтерГрафіка», 2007. – Т.6. – С.89 – 91.

Особистий внесок: проведення досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

15. Pozhitkova L. G. Extraction and the characteristic of pectines substances from a Soya / L.G. Pozhitkova, L.V. Kaprelyants // Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution: Book of abstracts of Proceedings of the III International Young scientists conference. – Odesa: Pechatniy dom, 2007. – P. 216 – 217.

16. Pozhitkova L.G. Improvement of process of production soymilk with enzymes / L. G. Pozhitkova, L.V. Kaprelyants // Modern problems of microbiology and biotechnology: Book of

abstracts of The young scientists and students international scientific conference. – Odesa: «Astroprint», 2007. – P. 142.

Особистий внесок:

- 1) проведення літературного пошуку та експериментальних досліджень, обробка, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку [1-4, 7-16];
- 2) проведення літературного та патентного пошуку, узагальнення та систематизація отриманих експериментальних даних, оформлення заявки на патент, участь у складанні опису винаходів [5, 6].

АНОТАЦІЯ

Пожіткова Л. Г. Удосконалення технології виробництва функціональних інгредієнтів з сої. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2008.

Дисертація присвячена науковому обґрунтуванню та розробці комплексної переробки сої в функціональні продукти та інгредієнти.

На першому етапі роботи досліджено біохімічний склад соєвих бобів та на підставі чого встановлено можливість їх використання як сировини для виробництва функціональних продуктів і інгредієнтів. З огляду біохімічного складу та морфологічних ознак клітини визначено і обґрунтовано доцільність проведення попередньої обробки перед ферментативною конверсією соєвих бобів.

Обрано ферментні препарати, які здатні активно проводити деградацію соєвих біополімерів- Целюлаза-100 та Пектофостидин П10х. Експериментально визначено оптимальне співвідношення обраних ферментних препаратів, при яких значно підвищується ефективність гідролізу та ступінь конверсії соєвих біополімерів. Біохімічний склад отриманих соєвих екстрактів підтверджує, що використання ферментативного гідролізу приводить до збагачення їх білком, ліпідами, вуглеводами та іншими біологічно – активними речовинами. Крім того, отримані соєві екстракти є джерелом пребіотичних вуглеводів, що дозволило отримати ферментовані продукти з високим вмістом лактобактерій $(1...4) \cdot 10^8$ КУО/г і біфідобактерій $(3...5) \cdot 10^9$ КУО/г.

Визначено гарантійний термін придатності до споживання ферментованих продуктів у негерметичній упаковці, протягом якого вони зберігають свої пробіотичні властивості (концентрація лактобактерій не менше $(4...6) \cdot 10^6$ КУО/г та біфідобактерій - $2 \cdot 10^7$ КУО/г) – не

більше 14 діб при температурі +4...+6 °С.

Розроблено технологію отримання препарату пектину з соєвої окари.

Ключові слова: соя, ферменти, соєвий екстракт, ферментація, біфідобактерії, лактобактерії, препарат пектину, функціональні продукти, функціональні інгредієнти.

АННОТАЦИЯ

Пожиткова Л. Г. Совершенствование технологии производства функциональных ингредиентов из сои. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 03.00.20 – биотехнология. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2008.

Диссертационная работа посвящена научному обоснованию, разработке технологии получения функциональных продуктов и ингредиентов из сои методом ферментативной деградации.

На первом этапе работы исследован биохимический состав соевых бобов и изучена возможность их использования в качестве сырья при производстве функциональных продуктов и ингредиентов. Обоснованы условия предварительной обработки соевых бобов перед ферментативным гидролизом, что способствует их размягчению, инактивации антипитательных веществ, устранению специфического запаха и делает их более доступными биополимерами.

Изучение процесса ферментативного гидролиза соевых биополимеров, показало, что применение ферментного препарата Целлюлаза-100 позволяет значительно уменьшить размер нерастворимых частиц соевой смеси с 1200 мкм до 329 мкм. Использование двухстадийного гидролиза, и внесении ферментного препарата Пектофоетидин П10х после обработки Целлюлазой-100, позволяет уменьшить размер нерастворимых частиц до 144 мкм и увеличить массовую долю биополимеров в ферментализатах.

Установлено оптимальное соотношение ферментных препаратов Целлюлаза-100 и Пектофоетидин П10х (0,5 : 1,5 ед/г сухих веществ соевых бобов). Использование такой композиции ферментных препаратов позволяет значительно увеличить эффективность гидролиза и степень конверсии соевых биополимеров.

Определен биохимический состав полученных соевых экстрактов, показано их обогащение белками, витаминами минеральными элементами, изофлавонами и пребиотиками (стахиозой и раффинозой) в сравнении с соевым молоком.

Изучение процесса ферментации соевых экстрактов лактобактериями (*Lactobacillus acidophilus* или *Lactobacillus plantarum*, или *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*) и

бифидобактериями (*Bifidobacterium longum*, или *Bifidobacterium adolescentis*, или *Bifidobacterium bifidum*) показало, что они хорошо потребляют питательные вещества экстрактов и накапливают в готовом продукте – $(1...4) \cdot 10^8$ КОЕ / г лактобактерий и $(3...5) \cdot 10^9$ КОЕ / бифидобактерий. Исследована утилизация компонентов молочно-соевой смеси в процессе ферментации бифидобактериями. Установлена полная утилизация олигосахаридов сои. Отмечена высокая протеолитическая активность у культур *B. longum* и *B. adolescentis*.

Исследованы органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества, протекающие в ферментированных функциональных продуктах и ингредиентах получаемых из соевых бобов. Установлено, что они имеют приятный вкус, запах, по физико-химическим и микробиологическим показателям соответствуют требованиям разработанной нормативно-технической документации и могут храниться в негерметичной упаковке при $+4...+6$ °C в течении 6-14 суток в зависимости от вида разрабатываемого продукта. Установлено, что в течение этого времени продукты сохраняют свои пробиотические свойства (содержание лактобактерий - не меньше $(4...6) \cdot 10^6$ КОЕ/г, бифидобактерий- $2 \cdot 10^7$ КОЕ/г).

Экспериментальным путем выбраны оптимальные параметры процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из соевой окары: температура процесса-100 °C, массовая доля соляной кислоты в растворе - 0,75 %, продолжительность - 2 часа.

Разработана нормативная документация и технологическая схема производства функциональных продуктов и ингредиентов из сои. Проведена промышленная апробация, которая подтвердила возможность выпуска соевого экстракта и соевого препарата пектина на отечественном оборудовании. Полученные продукты отвечают необходимым требованиям нормативно-технической документации.

Разработанная технология позволяет производить продукты обладающие рядом функционально-физиологических свойств, пробиотической активностью способные к устранению нарушений и коррекции микрофлоры кишечника.

В работе представлено экономическое обоснование целесообразности производства функциональных продуктов и ингредиентов из сои.

Ключевые слова: соя, ферменты, соевый экстракт, ферментация, бифидобактерии, лактобактерии, препарат пектина, функциональные продукты, функциональные ингредиенты.

ANNOTATION

Pozhitkova L. G. Perfection of the technologies of the functional ingredient production from soya bean. – the Manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the Candidate of Technical Science on the specialty 03.00.20 – Biotechnology. – Odessa National Academy of Food Technologies, the Ministry of

Education and Science of the Ukraine, Odessa, 2008.

The dissertation is devoted to the scientific ground and development of the complex processing of soya bean into the functional products and ingredients.

At the first stage of the research work the biochemical composition of soya beans has been studied and probability of their application as a raw material during production of the functional products and ingredients, has also been investigated. From the point of view of the biochemical composition and morphological sing of the cell, purposefulness of carrying out of the preliminary treatment before the fermentative conversion of soya beans has been determined and grounded.

The ferment preparations which are able to actively carry out degradation of soya bean biopolymers, have been chosen-Celllase-100 and Pectofetidine P10x. The optimum relation of the chosen ferment preparations with which the hydrolysis efficiency is increased as well as the degree of soya bean biopolymers conversion, has been determined experimentally. The biochemical composition of the received soya bean extract confirms that application of fermentative gidrolysis results in their enrichment with protein, lipids, carbohydrates and other biological active substances. Besides, the received soya bean extracts are the sources of prebiotic carbohydrates, which has allowed to receive fermentative products with a high contents of lactobacterium $(1...4) \cdot 10^8$ CFU/g and bifidobacterium $(3...5) \cdot 10^9$ CFU/g.

The guarantee term of using of the fermentative products which are not vacuum-packed, during this term they keep their probiotic properties lactobacterium concentration not less than $(4...6) \cdot 10^6$ CFU/g and bifidobacterium $2 \cdot 10^7$ CFU/g has been determinated. It is not more than 14 days under the temperature $+4...+6$ °C. The technology of obtaining of the pectine preparation from the soya bean okara has been determinated.

Key words: soya, soya bean, ferments, soya bean extract, fermentation, functional product, functional ingredients.