

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАЙДАНЕЦЬ ОКСАНА МИКОЛАЇВНА

УДК 664.162.1

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТАТИВНОГО
РОЗРІДЖУВАННЯ КРОХМАЛЮ ТА МАЛЬТОДЕКСТРИНІВ**

05.18.05 – Технологія цукристих речовин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ – 2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,

Штангєсва Надія Іванівна,

Національний університет харчових технологій, професор
кафедри технології цукристих речовин

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,

Міщук Ромуальд Цезарович,

Український науково-дослідний інститут цукрової
промисловості, головний науковий співробітник

кандидат технічних наук,

Михайлик В'ячеслав Аврамович,

Інститут технічної теплофізики НАН України,
провідний науковий співробітник

Провідна установа: Інститут харчової хімії та технології НАН
України (м. Київ)

Захист відбудеться “9” березня 2005 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових
технологій за адресою:
01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету
харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “ 7 ” лютого 2005 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н.

О.В. Кобилінська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми. Виробництво крохмалю і крохмалепродуктів в світі безперервно збільшується і займає одне з провідних місць в економіці промислово розвинених країн. Для України, яка має величезні території і різноманітні за ґрунтово-кліматичними умовами регіони, збільшення виробництва крохмалю і крохмалепродуктів є важливим елементом відновлення і підйому економіки як для розширення асортименту цукристих продуктів, так і для виробництва модифікованих крохмалів. У сучасних харчових технологіях молочних продуктів, м'ясних виробів, майонезів, десертів, дитячого і дієтичного харчування та інших продуктів широко використовуються модифіковані крохмалі, які в переважній більшості імпортуються з Європейських країн. Їх виробництво в Україні майже відсутнє.

Технологія крохмалю і крохмалепродуктів в світі зазнала докорінних змін. У виробництві цукристих крохмалепродуктів почали застосовуватись ферментні препарати, іонообмінні смоли, нові види адсорбентів. З'явилась необхідність у створенні нових видів модифікованих крохмалів із заданими властивостями. Все це вимагає удосконалення технології крохмалю та крохмалепродуктів. Сучасні технологічні процеси їх виробництва потребують науково обґрунтованого підходу до їх здійснення, глибокого розуміння ролі усіх складових кожної технологічної операції.

Основним процесом виробництва крохмалепродуктів є гідроліз. Одним із шляхів удосконалення процесу гідролізу крохмалю є заміна традиційного каталізатора – мінеральної кислоти на більш сучасні – ферментні препарати. Ферментативне розріджування крохмалю – це початковий етап гідролізу і від якості проведення розріджування залежить ефективність подальшого зцукрювання, тому основна увага у роботі приділялась дослідженню технологічних умов та кінетичних закономірностей процесу ферментативного розріджування крохмалю, розробленню способів інтенсифікації цього процесу, розробленню та удосконаленню технологій крохмалепродуктів із заданими властивостями з використанням ферментів.

Тема роботи є актуальною, оскільки крохмале-патокова промисловість, виходячи з довготривалої кризи, потребує впровадження сучасних високоефективних та екологічно безпечних технологій, які б могли забезпечити високу якість і конкурентоспроможність продукції, та повністю задовільнити потребу в крохмалепродуктах вироблених на вітчизняних підприємствах галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження, проведені і викладені в дисертаційній роботі згідно з пріоритетною науковою тематикою НУХТ „Дослідження структур, технологічних середовищ, кінетики, механічних реакцій, стереобудови, біологічної активності сполук з метою створення принципово нових харчових технологій на основі використання фізичних впливів” наказ Міністерства освіти і науки України №37 від 13.02.1997 р., а також є складовою частиною плану міжкафедральної госпдогвірної теми 910/12 „Розроблення технології нових видів крохмалепродуктів та їх використання для хлібопекарського, кондитерського,

молочноконсервного виробництва та безалкогольних напоїв”. За замовленням підприємства наукові розробки роботи використані при виконанні госпдоговірної теми з Нехаївським крохмальним заводом 15/03 “Розроблення технічних умов отримання крохмальної патоки”.

Особистий внесок дисертанта у виконанні розробок за вказаними програмами полягає у проведенні лабораторних та промислових досліджень, обробці та аналізі отриманих результатів.

Мета і задачі досліджень. Мета роботи полягає в дослідженні та удосконаленні процесу ферментативного розріджування крохмалю, розробленні технології крохмалепродуктів заснованої на використанні ферментних препаратів.

Вибір мети дослідження зумовив необхідність вирішення таких задач:

- на основі теоретичного і експериментального вивчення суті процесу ферментативного розріджування крохмалю встановити та обґрунтувати його оптимальні технологічні параметри;
- удосконалити технологію ферментативного розріджування крохмалю із застосуванням сучасних способів інтенсифікації;
- удосконалити технологію мальтодекстринів;
- провести апробацію удосконалених технологій у виробничих умовах та визначити їх економічну ефективність.

Об’єкти дослідження – технологія та кінетика ферментативного розріджування крохмалю, способи інтенсифікації процесу із застосуванням пари, механічної гомогенізації і поля надвисокої частоти.

Предмет дослідження – кукурудзяний та картопляний крохмаль, гідролітичні ферментні препарати, крохмальні гідролізати та мальтодекстрини.

Методи дослідження – фізико-хімічні та біохімічні методи визначення активності ферментних препаратів, якості вихідної сировини, проміжних і готових продуктів; хроматографічні методи дослідження гідролізатів; методи планування експерименту і математичного оброблення експериментальних результатів.

Наукова новизна отриманих результатів. Виведені математичні рівняння процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалю, які дозволяють, з відносною похибкою 5 % і з урахуванням концентрації крохмальної суспензії, витрати ферменту та тривалості процесу, розраховувати швидкість процесу, фактор в’язкості та глюкозний еквівалент у процесі розріджування крохмалю. На основі отриманих рівнянь здійснено оптимізацію процесу ферментативного розріджування і встановлено, що оптимальними параметрами розріджування кукурудзяного крохмалю є концентрація крохмальної суспензії 30 % і дозування α -амілази 4 од. ак./г СР, а картопляного крохмалю – концентрація 35 % і дозування α -амілази 3 од. ак./г СР крохмалю.

Запропоновано технологію ферментативного розріджування крохмалю у полі НВЧ, яка дозволяє скоротити тривалість процесу у 3 рази, а дозування ферменту α -амілази зменшити вдвічі (від 4 до 2 од. ак./г СР) при питомих

витратах енергії надвисокої частоти 240-300 Дж/см³ за концентрації крохмальної суспензії 35 %.

Удосконалено технологію виробництва драглеутворюючих мальтодекстринів шляхом спрощення температурного режиму до двох температурних пауз по 20 хв за температури 59...60 °С і 90 °С та наступним 30-ти хвилинним термообробленням при 120 °С.

Розроблено технологію мальтодекстринів із застосуванням мікрохвильового випромінювання надвисокої частоти, яка полягає у гідролізі суспензії крохмалю з вмістом 30-35 % сухих речовин термостабільною α -амілазою, дозованою з розрахунку 0,3-0,5 од. ак./г СР крохмалю, при застосуванні енергії надвисокої частоти у кількості 240-300 Дж/см³.

Практичне значення отриманих результатів. На основі теоретичних розробок та експериментальних досліджень встановлено, що інтенсифікація процесу ферментативного розріджування крохмалю із застосуванням механічного чи мікрохвильового впливу дозволить зробити цей процес максимально ефективним для широкого використання його у виробництві різноманітних крохмалепродуктів.

Розроблено спосіб ферментативного розріджування крохмалю шляхом застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для забезпечення інтенсифікації процесу та високої якості гідролізату, на який отримано деклараційний патент на винахід 66711 А від 17.05.2004.

Розроблено спосіб виробництва драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом шляхом спрощення температурного режиму, на який отримано деклараційний патент на винахід 59315 А від 15.08.2003.

Проведено дослідно-промислові випробування технології ферментативного розріджування крохмалю шляхом клейстеризації і гомогенізації та подальшого розріджування крохмалю за допомогою термостабільного ферменту на Звягінському крохмальному заводі. Очікуваний річний економічний ефект виробництва за рахунок зниження собівартості патоки складе 3,690 млн. грн. (за потужності підприємства 300 т/добу, виробничого сезону 300 дів на рік).

Проведено дослідно-промислові випробування удосконаленої технології драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом за спрощеним температурним режимом на Звягінському крохмальному заводі. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження способу у виробництво на діючому підприємстві складе 4,321 млн. грн.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів полягає в розробленні методик лабораторних та промислових досліджень, проведенні лабораторних досліджень, обробленні і узагальненні їх результатів, безпосередній участі в організації і проведенні дослідно-промислових випробувань, підготовці до публікації результатів експериментальних досліджень, розробленні способів, на які отримано п'ять деклараційних патентів на винахід.

Експериментальні дослідження і математичні оброблення дослідних даних були виконані під час роботи над міжкафедральною госпдоговірною темою 910/12 „Розроблення технології нових видів крохмалепродуктів та їх використання для хлібопекарського, кондитерського, молочноконсервного виробництва та безалкогольних напоїв” та госпдоговірною темою з Негаївським крохмальним заводом 15/03 “Розроблення технічних умов отримання крохмальної патоки” спільно з доцентом кафедри технології цукристих речовин Грабовською О.В.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи апробовано на Міжнародній науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів “Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості” (Київ НУХТ 2002); на 69-й та 70-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ НУХТ 2003, 2004); на Науково-практичній конференції “Харчові добавки, інгредієнти, БАДи – їх властивості та використання у виробництві продуктів та напоїв” (Феодосія 2003); на двох Науково-практичних конференціях “Перспективныe направления развития пищевой промышленности” (Одеса 2003, 2004); на Науково-технічній конференції “Безпечність продуктів харчування вітчизняного виробництва” (Київ 2003); на Міжнародній науково-технічній конференції “Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України” (Київ НУХТ 2003); на IV Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів “Техника и технология пищевых производств” (Могильов 2004). Робота представлялась на конкурсі Київського міського голови “Студентська наукова творчість – Україні” (Київ, 2002); зайняла 1-ше місце на конкурсі “Студентських наукових робіт НУХТ” (Київ, 2002); дипломована на конкурсі студентів та молодих вчених м. Києва за сприянням Київського міського голови «Інтелект молодих – на службу столиці» (Київ, 2004).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 16 друкованих праць, в тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях, перелік яких затверджено Вищою атестаційною комісією України, 5 деклараційних патентів України на винахід та 8 тез доповідей наукових конференцій.

Структура і об’єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури і додатків. Робота викладена на 162 сторінках основного тексту, містить 33 рисунки і 8 таблиць. Список використаної літератури включає 135 вітчизняних і зарубіжних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та задачі досліджень, охарактеризовано наукову і практичну цінність роботи.

У першому розділі “АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖУВАННЯ КРОХМАЛЮ” показано, що

основним шляхом удосконалення процесу розріджування крохмалю є заміна традиційного каталізатора цього процесу – мінеральної кислоти на більш сучасний – препарат ферменту. Цей факт покладено в основу розроблення технологій нових крохмалепродуктів із заданими властивостями. Основним недоліком ферментативного розріджування крохмалю в порівнянні з кислотним є ускладнене фільтрування крохмальних гідролізатів, що перешкоджає його широкому впровадженню у промисловість. Проаналізовано існуючі способи інтенсифікації ферментативного розріджування крохмалю – це застосування пари, механічної гомогенізації та мікрохвильового впливу під час розріджування крохмалю. Аналіз існуючих способів дозволив розробити шляхи удосконалення технології розріджування крохмалю за допомогою застосування сучасних, ефективних та екологічно безпечних заходів.

Розглянуто існуючі в світі технології мальтодекстринів, проаналізовано особливості технології мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом та показано її складність при дотриманні температурного режиму. Встановлено необхідність її дослідження та удосконалення.

У зв'язку з цим основна увага у роботі приділялась вивченню технологічних умов та кінетичних закономірностей ферментативного розріджування крохмалю, дослідженню способів інтенсифікації цього процесу, розробленню технологій крохмалепродуктів із заданими властивостями з використанням ферментів.

У другому розділі **“ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ”** наведено характеристику об’єктів та методів досліджень, опис лабораторних установок, опис методів аналізів та умов проведення досліджень.

Об’єктами досліджень є кукурудзяний крохмаль виробництва Дніпровського КПК, що відповідає ДСТУ 3976-2000 та картопляний крохмаль виробництва ПМП „Вітал” (м. Чернігів), який відповідає ГОСТ 7699-78, крохмальні гідролізати, мальтодекстрини та гідролітичні ферментні препарати: α -амілаза Gamalpha 600L (фірми Gammazym), термостабільні α -амілази Spezyme Fred (фірми Genencor) і Termamyl SC (фірми Novo Nordiks), глюкоамілаза Оптидекс L-400 (фірми Genencor). Визначення амілолітичної та глюкоамілазної активності досліджуваних ферментних препаратів здійснювали згідно ГОСТ 20264.4-89.

Мікроскопіювання та фотографування гранул різних видів крохмалю, крохмальних суспензій, клейстерів і гідролізатів при проведенні гідролізів за різних умов здійснювали за допомогою мікроскопу біологічного дослідницького універсального марки “МБИ-15”. Оброблення крохмальних гідролізатів парою проводили на лабораторній установці із парогенератором, барботером та регулятором витрат пари. Механічну гомогенізацію крохмальних клейстерів проводили з використанням подрібнювача тканин РТС. Оброблення гідролізатів у електромагнітному полі надвисокої частоти проводили за допомогою НВЧ-печі фірми Panasonic максимальної потужності 800 Вт.

Для дослідження зміни в'язкості крохмальних суспензій в процесі клейстеризації та ферментативного розріджування та підбору оптимальних умов процесу було зібрано лабораторну установку з приладом „Реотест-2”.

У крохмальних гідролізатах та продуктах гідролізу визначали вміст сухих речовин рефрактометрично, загальний вміст редукувальних речовин та глюкозний еквівалент – за методом Вільштеттера та Шудля і перевіряли за методом Лейна-Сйнона, вуглеводний склад гідролізатів визначали за методом Зіхерта та Блейера і за допомогою хроматографічного розділення на колонках з оксидом алюмінію по Ульману, фракціонування полісахаридів гідролізатів крохмалю за молекулярною масою здійснювали за допомогою гельхроматографії на колонках з сефадексом G-25.

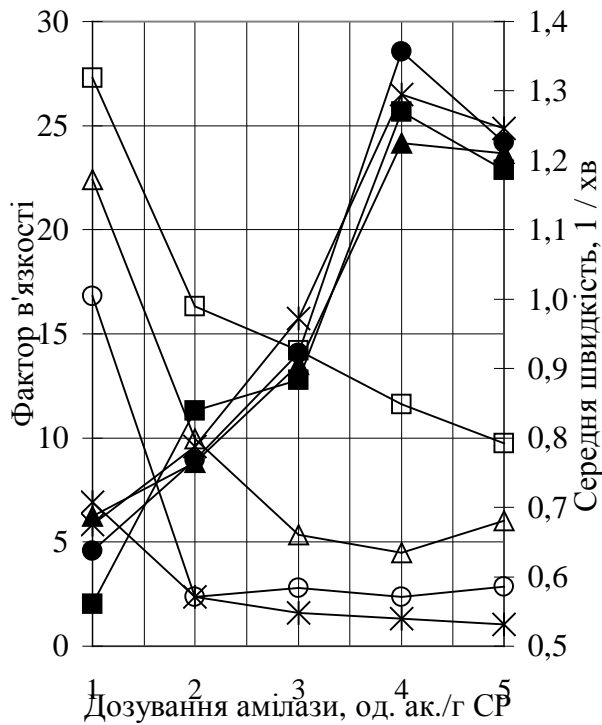
Статистичне оброблення результатів досліджень, побудову графіків і діаграм виконано з використанням програмного забезпечення Mathcad Professional 2000 та MS Office Excel 2003.

У третьому розділі **“ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖУВАННЯ КРОХМАЛЮ”** досліджено вплив концентрації крохмальної суспензії на процес ферментативного розріджування крохмалю. Встановлено зниження якості гідролізатів при збільшенні концентрації крохмальної суспензії до 40-45 % та підвищення доброякісності гідролізатів за низької концентрації 20-25 %, також визначено оптимальний ступінь розріджування крохмальної суспензії, який відповідає величині глюкозного еквівалента 18-20 %.

Проведеними експериментальними дослідженнями по виявленню дії α -амілази звичайної та підвищеної термостабільності на процес розріджування крохмалю встановлено, що використання α -амілази підвищеної термостабільності дозволяє отримати гідролізати вищої доброякісності та майже вдвічі знизити витрату ферменту (від 5-6 до 3-4 од. ак./г СР крохмалю).

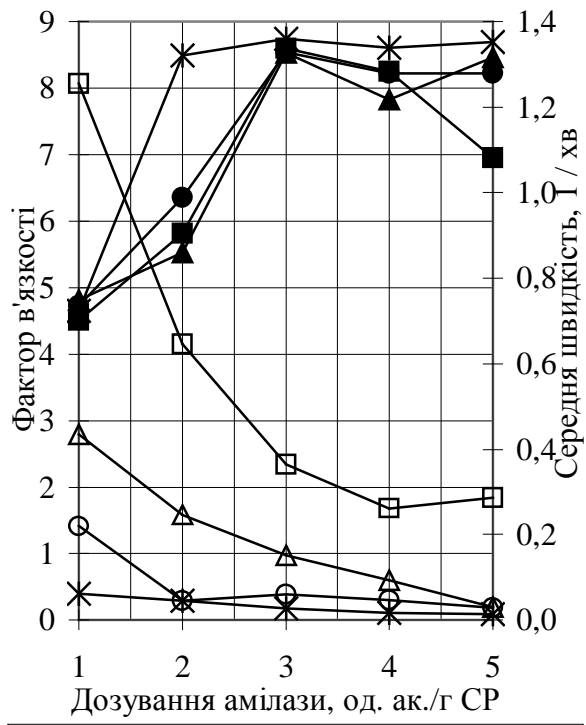
Проведено кінетичні дослідження ферментативного розріджування крохмалю, що дали змогу підібрати оптимальні умови розріджування картопляного і кукурудзяного крохмалів – при максимальній швидкості процесу та мінімальній величині фактору в'язкості. Фактор в'язкості – це введена нами умовна безрозмірна величина, яку визначали як площу кривих в'язкості отриманих в результаті досліджень. Відповідно до одержаних даних побудовано узагальнені графіки (рис. 1 і 2), на яких відображено зміни середньої швидкості розріджування і фактора в'язкості суспензій кукурудзяного та картопляного крохмалів різних концентрацій при дозуванні ферменту від 1 до 5 од. ак./г. Отримані графіки мають практичне значення і дозволяють за вихідними технологічними параметрами розріджування спрогнозувати хід процесу і якість отриманих гідролізатів.

Виведені математичні рівняння процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалю, які дозволяють, з відносною похибкою 5 % і з урахуванням концентрації крохмальної суспензії (С), витрати ферменту (D) та тривалості процесу (τ), розраховувати швидкість процесу (V),



- *— 25 % за фактором в'язкості
- 30 % - / -
- △— 35 % - / -
- 40 % - / -
- *— 25 % за швидкістю розріджування
- 30 % - / -
- ▲— 35 % - / -
- 40 % - / -

Рис.1. Залежність фактора в'язкості та середньої швидкості розріджування кукурудзяного крохмалю від дозування ферменту



- *— 25 % за фактором в'язкості
- 30 % - / -
- △— 35 % - / -
- 40 % - / -
- ▲— 35 % за швидкістю розріджування
- 30 % - / -
- *— 25 % - / -
- 40 % - / -

Рис.2. Залежність фактора в'язкості та середньої швидкості розріджування картопляного крохмалю від дозування ферменту

фактор в'язкості (F) та глюкозний еквівалент (ГЕ) у процесі розріджування крохмалю (значення температури і рН середовища під час проведення розріджувань були сталими і оптимальними для дії ферменту).

Для кукурудзяного крохмалю:

$$V(C, D, \tau) = [0.41 + (10.16 - 0.63 \cdot C + 9.78 \cdot 10^{-3} \cdot C^2) \cdot D] \cdot e^{[-0.03 + (-0.3 + 0.02 \cdot C - 3 \cdot 10^{-4} \cdot C^2) \cdot D] \cdot \tau}$$

$$F(C, D) = (-60303 + 3566.1 \cdot C - 32.854 \cdot C^2) \cdot e^{(8.19 - 0.805 \cdot C + 0.024 \cdot C^2 - 2.354 \cdot 10^{-4} \cdot C^3) \cdot D}$$

$$\tilde{A}\tilde{A}(D, \tau) = -2.908 + (7.79 + 2.908) \cdot e^{-e^{-D}} + 4.6 \cdot \ln(\tau)$$

Для картопляного крохмалю:

$$V(C, D, \tau) = [2.07 + (-2.38 + 0.14 \cdot C - 1.9 \cdot 10^{-3} \cdot C^2) \cdot D] \cdot e^{[-0.09 + (0.1 - 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot C + 1.04 \cdot 10^{-4} \cdot C^2) \cdot D] \cdot \tau}$$

$$F(C, D) = (7784 - 856.1 \cdot C + 22.576 \cdot C^2) \cdot e^{(-15.5 + 1.55 \cdot C - 0.052 \cdot C^2 + 5.678 \cdot 10^{-4} \cdot C^3) \cdot D}$$

$$\tilde{A}\tilde{A}(D, \tau) = 3.458 + (12.52 - 3.46) \cdot e^{-e^{-D}} + 3.24 \cdot \ln(\tau)$$

На основі отриманих рівнянь здійснено оптимізацію та встановлено оптимальні параметри ферментативного розріджування кукурудзяного

крохмалю – це концентрація крохмальної суспензії 30 % і дозування α -амілази 4 од. ак./г СР, і картопляного крохмалю – концентрація 35 % і дозування α -амілази 3 од. ак./г СР крохмалю.

Четвертий розділ “РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖУВАННЯ КРОХМАЛЮ” присвячений дослідженню фізичних чинників, зокрема оброблення паром, механічної гомогенізації та поля надвисокої частоти, на процес ферментативного розріджування крохмалю та якість продуктів гідролізу.

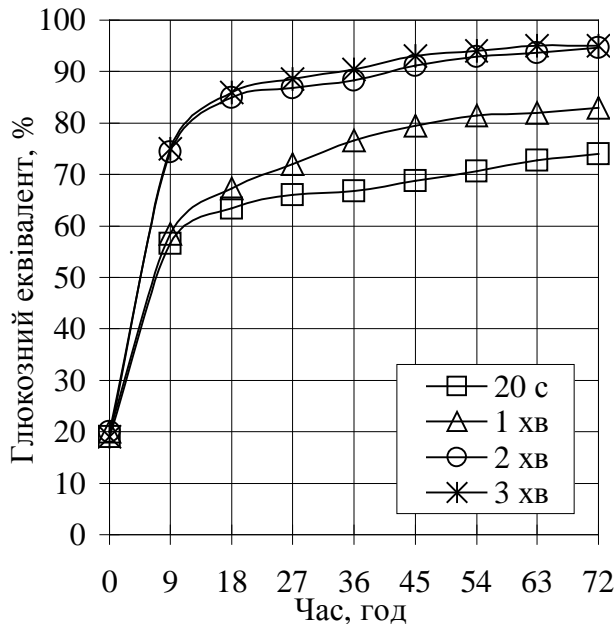


Рис. 3. Кінетика зцукрювання гідролізатів в залежності від тривалості оброблення паром

Встановлено, що застосування пари для інтенсифікації процесу ферментативного розріджування крохмалю є досить простим, технологічним і ефективним способом удосконалення процесу ферментативного гідролізу крохмалю.

Оброблення гідролізатів паром тиском 0,17 МПа протягом 2 хв (рис.3) дає змогу значно поліпшити фільтраційну здатність гідролізатів, за рахунок більш повної клейстеризації гранул крохмалю і коагуляції частини білкових речовин, та зменшити втрати крохмалю з фільтраційним осадом (табл.1).

Таблиця 1

Вплив пари на втрати сухих речовин гідролізатів крохмалю під час фільтрування

Гідролізати	Вміст сухих речовин, %	
	До фільтрування	Після фільтрування
Не оброблені паром	45,31	35,88
Оброблені паром	47,11	46,42

Доведено, що застосування гомогенізації для інтенсифікації процесу ферментативного гідролізу крохмалю є досить результативним способом. Проведені дослідження довели доцільність такого способу гідролізу і високу його ефективність (рис.4).

Встановлено оптимальну тривалість механічного оброблення крохмальних клейстерів – 20 хвилин, що дозволяє досягти глюкозного еквіваленту кінцевого гідролізату після ферментативного зцукрювання 98,5 % (рис.5). Такий спосіб дозволяє проводити розріджування крохмальної суспензії

без застосування ферментних препаратів і, відповідно, зменшити матеріальні витрати на гідроліз крохмалю.

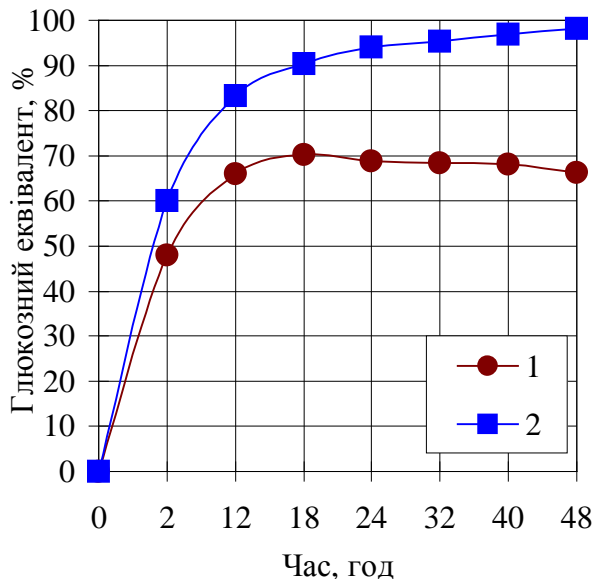


Рис. 4. Вплив гомогенізації клейстеризованого крохмалю на процес гідролізу: 1 – зцукрювання глюкоамілазою без попереднього розріджування; 2 – зцукрювання після розріджування за допомогою гомогенізації

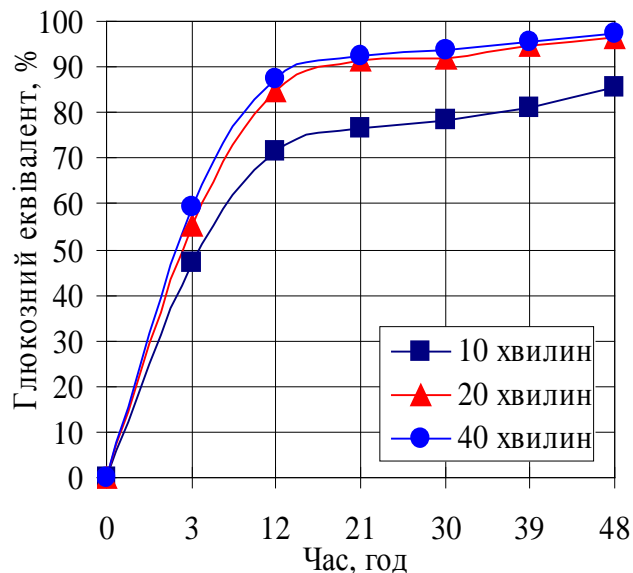


Рис. 5. Кінетика зцукрювання крохмалю в залежності від тривалості гомогенізації

Доведено, що використання мікрохвильового випромінювання надвисокої частоти для інтенсифікації процесу є найефективнішим з досліджених методів. Він дозволяє досягти повної клейстеризації крохмальних зерен, що неможливо зробити, використовуючи інші високотемпературні способи інтенсифікації. Гідролізати, оброблені мікрохвильовим випромінюванням, значно менше схильні до ретроградації.

Тривалість процесу розріджування крохмалю у полі НВЧ скорочується, порівняно з традиційним способом, у 3 рази (рис.6), а дозування ферменту α -амілази на розріджування зменшується вдвічі від 4 до 2 од.ак./г СР (рис.7). Питома витрата електроенергії на процес розріджування крохмалю у полі НВЧ складає 240...300 Дж/см³ суспензії (за концентрації суспензії крохмалю 35 %).

На основі проведених досліджень розроблені математичні моделі та встановлені оптимальні параметри проведення кожного способу інтенсифікації процесу ферментативного розріджування крохмалю. За результатами досліджень та розрахунків можна зробити висновок (табл. 2), що оптимальним способом інтенсифікації процесу ферментативного розріджування крохмалю є спосіб із застосуванням поля надвисокої частоти, який дозволяє за короткий термін розріджування отримувати гідролізати високої доброякісності при мінімальних витратах ферменту – 2 од.ак./г СР і високій концентрації крохмальної суспензії – 35 % (при проведенні досліджень закінчення процесу розріджування визначалось досягненням оптимального ступеню розріджування, тобто величини глюкозного еквіваленту 18-20 %).

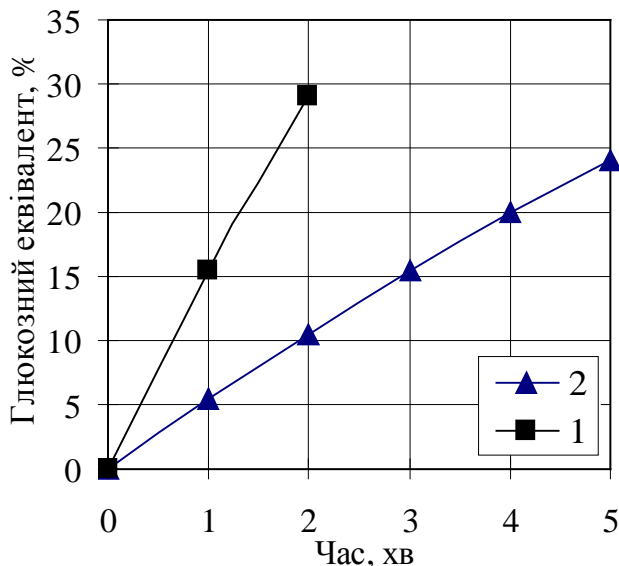


Рис. 6. Порівняння ферментативного розріджування крохмалю у полі НВЧ (1) і у термостаті (2)

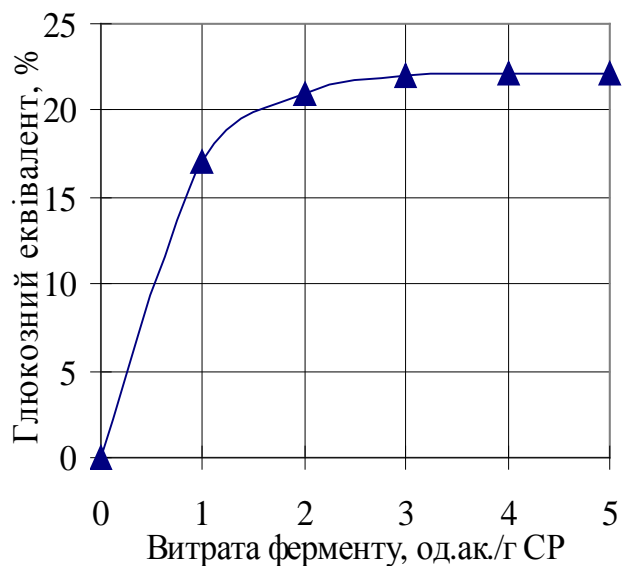


Рис. 7. Визначення оптимального дозування термостабільної α -амілази на розріджування крохмалю у полі НВЧ

Розроблено технологію ферментативного розріджування крохмалю шляхом застосування електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ) для забезпечення інтенсифікації процесу та високої якості гідролізату за рахунок миттєвої і повної клейстеризації крохмалю, на який отримано деклараційний патент на винахід 66711 А від 17.05.2004.

Таблиця 2

Оптимальні параметри різних способів ферментативного розріджування крохмалю

Спосіб ферментативного розріджування	Концентрація крохмальної суспензії, %	Дозування ферменту, од.ак./г СР	Тривалість гідролізу, хв	Час оброблення парою, с
У термостаті	30	4	20	–
У полі НВЧ	35	2	5	–
З обробленням парою	35	4	20	120

У п'ятому розділі “УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МАЛЬТОДЕКСТРИНІВ” проведено дослідження технологічного процесу ферментативного розріджування суспензії картопляного крохмалю з метою одержання мальтодекстрину. Встановлено, що хід процесу залежить від температурного режиму розріджування. При проведенні процесу з повільним підвищенням температури та витримкою деякий час за сталої температури накопичення редукувальних речовин відбувається більш повільно та отримані продукти мають властивості утворювати драглі при охолодженні (рис. 8).

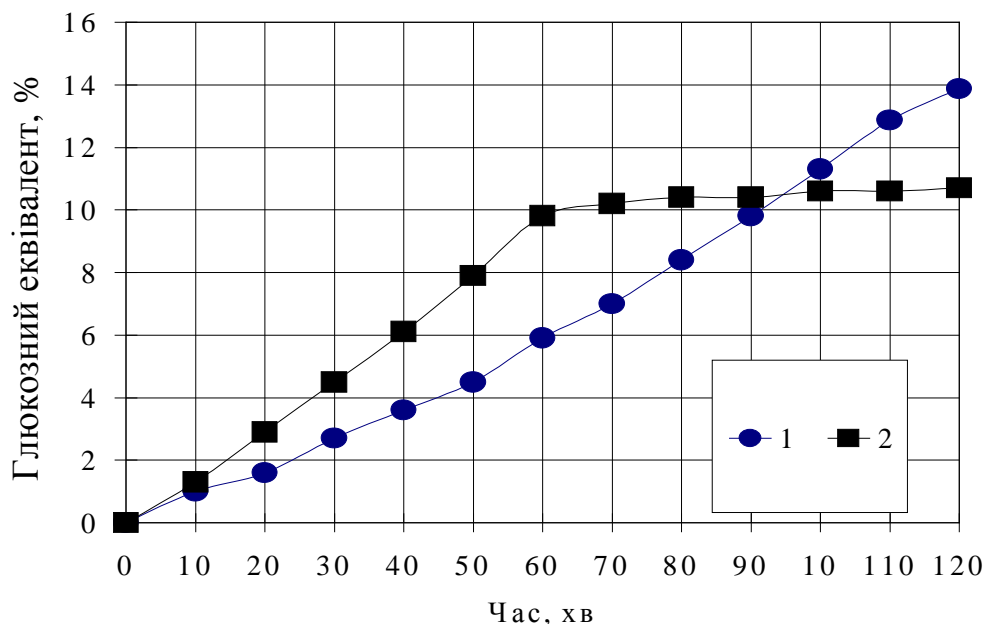


Рис.8. Залежність кінетики гідролізу картопляного крохмалю від температурних умов проведення процесу: 1 – при поступовому підвищенні температури, 2 – при витримуванні температурних пауз

Удосконалено технологію драглеутворюючих мальтодекстринів шляхом спрощення температурного режиму: до двох температурних пауз по 20 хв за температури 59...60 °С і 90 °С та наступного 30-ти хвилинного термооброблення при 120 °С, на який отримано деклараційний патент на винахід 59315 А від 15.08.2003.

За допомогою гел'єхроматографії на сефадексі G-25, визначили склад полісахаридів у низькомолекулярних мальтодекстринах (ГЕ 5...7%): глюкози близько 0,3 %, мальтози та олігосахаридів – 1,5...2,0 %, декстринів – 40...45 %, високомолекулярної фракції близько 50 %.

Розроблено спосіб виробництва драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом шляхом застосування електромагнітного поля надвисокої частоти. На основі способу запропоновано технологію виробництва мальтодекстринів із застосуванням поля НВЧ та її апаратурно-технологічне оформлення (рис. 9).

Хроматографією крохмальних полісахаридів на колонках з оксидом алюмінію досліджено фракційний склад мальтодекстринів. Встановлено, що склад полісахаридів в розчинах мальтодекстринів отриманих у полі НВЧ і у термостаті не відрізняється. У процесі виробництва мальтодекстрину з крохмалю відбувається здебільшого руйнування розгалуженої амілопектинової фракції полісахариду.

У шостому розділі **“ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ ТА РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ”** наведені результати дослідно-промислових випробувань розробленої нами технології ферментативного розріджування крохмалю. Випробування проводились на Звягінському крохмальному заводі. Принципова технологічна схема для реалізації запропонованого способу представлена на рис. 10. Особливістю цієї

технології є попередня клейстеризація і гомогенізація 35 %-вої суспензії крохмалю, яка забезпечує часткову деполімеризацію макромолекул без утворення редуковувальних груп у місцях розриву, що полегшує наступне розріджування крохмалю за допомогою термостабільного ферменту (у кількості 2 од.ак./г СР). Крім того, застосування рециркуляції гідролізату у кількості 20...25 % до маси суспензії, дозволяє покращити технологічні показники гідролізатів.

Використання запропонованої технології, при невисоких капітальних витратах, забезпечує значне покращення технологічних показників гідролізатів, підвищення виходу і якості готової продукції, покращення економічних показників виробництва.

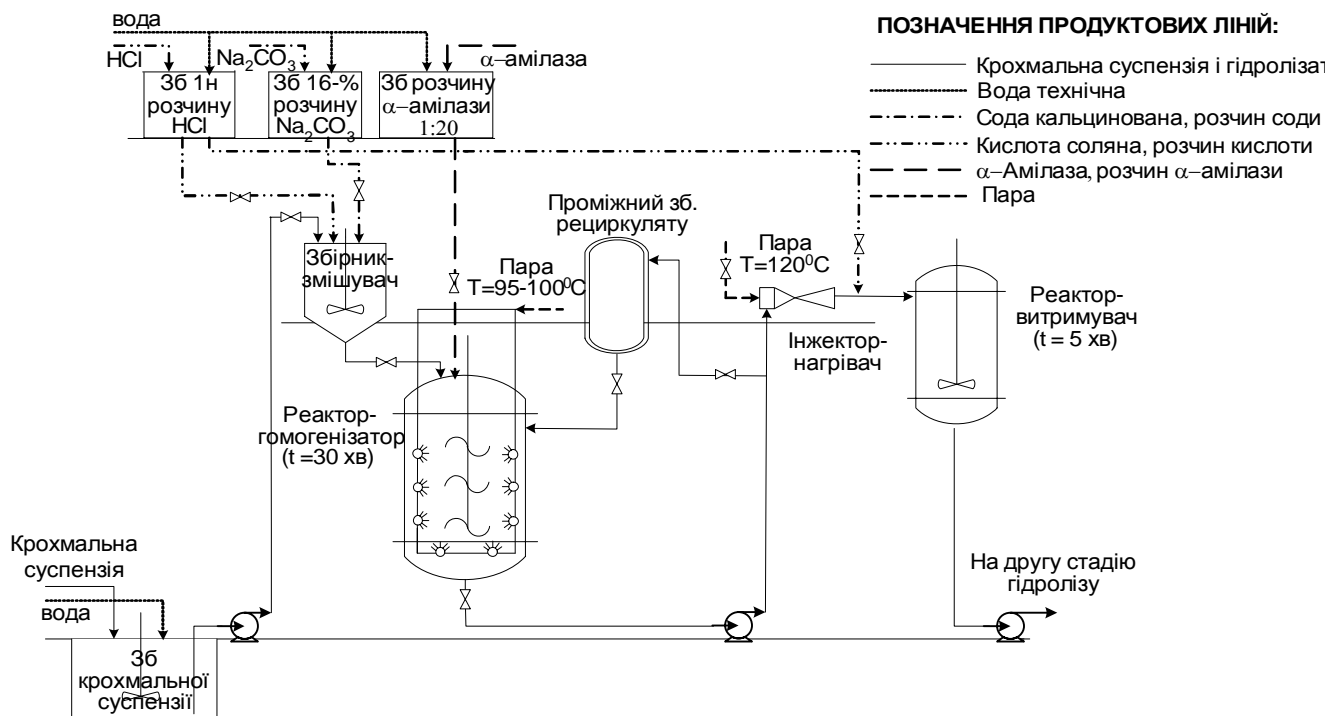


Рис. 10. Технологічна схема ферментативного розріджування крохмалю на Звягінському крохмальному заводі

Виконані техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження запропонованої технології ферментативного розріджування крохмалю. Очікуваний річний економічний ефект виробництва тільки за рахунок зниження собівартості патоки, за потужності підприємства 300 т/добу і виробничого сезону 300 дб в рік, складе 3,690 млн. грн.

Проведені дослідно-промислові дослідження технології драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом за спрощеним температурним режимом на Звягінському крохмальному заводі. В результаті проведених випробувань доведено, що удосконалена технологія мальтодекстрину з низьким глюкозним еквівалентом відрізняється простотою і економічністю, отриманий продукт має властивості стабілізатора, носія консистенції, антикристалізатора і може знайти широке застосування у різних галузях харчової промисловості. Очікуваний річний економічний ефект впровадження технології мальтодекстрину на діючому підприємстві складе

4,321 млн. грн, що дозволить окупити капіталовкладення протягом 2,4 місяці. При цьому оптова ціна на даний крохмалепродукт може бути у 2,7 разів нижча за ціну імпортного мальтодекстрину.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі системного аналізу літературних даних, теоретичних та експериментальних досліджень встановлено технологічні умови та кінетичні закономірності ферментативного розріджування крохмалю та розроблено способи інтенсифікації цього процесу. На основі проведених досліджень розроблено сучасну технологію ферментативного розріджування крохмалю. Встановлені закономірності покладені в основу удосконаленої технології мальтодекстринів.

1. Доведено, що застосування ферментів для розріджування крохмалю, як першого етапу гідролізу дозволяє отримувати цукристі сиропи підвищеної доброякісності після зцукрювання – другого етапу гідролізу.

2. Встановлено оптимальний ступінь розріджування крохмальної суспензії 18-20 % та його вплив на доброякісність кінцевих продуктів гідролізу. Визначено залежність величини глюкозного еквіваленту гідролізатів від концентрації крохмальної суспензії. Доведено підвищення глюкозного еквіваленту за низьких концентрацій крохмальної суспензії 20-25 % та зниження його за високих – 40-45 %. Встановлено, що використання α -амілази підвищеної термостабільності дозволяє одержати гідролізати вищої доброякісності в порівнянні із α -амілазою звичайної термостабільності, а також дає змогу майже вдвічі знизити витрату ферменту (від 5-6 до 3-4 од. ак./г СР) на процес розріджування крохмалю.

3. Виведені математичні рівняння процесу ферментативного розріджування крохмалю з урахуванням всіх факторів впливу та досліджено його кінетичні закономірності, на основі яких здійснено оптимізацію процесу ферментативного розріджування і встановлено, що оптимальними умовами для розріджування кукурудзяного крохмалю є концентрація крохмальної суспензії 30 % і дозування α -амілази 4 од. ак./г СР, а для картопляного крохмалю – концентрація 35 % і дозування α -амілази 3 од. ак./г СР крохмалю.

4. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження способів інтенсифікації процесу ферментативного розріджування крохмалю шляхом оброблення гідролізатів парою, механічною гомогенізацією та полем НВЧ. В результаті оптимізації отриманих даних встановлено, що найбільш ефективним з досліджених способів є проведення процесу розріджування крохмалю в полі надвисокої частоти. Доведено, що тривалість розріджування крохмалю у полі НВЧ скорочується, порівняно з традиційним способом, у 3 рази, а дозування ферменту α -амілази на процес зменшується вдвічі (від 4 до 2 од.ак./г СР). Питомі витрати енергії на розріджування крохмалю у полі НВЧ складають 240-300 Дж/см³.

5. Встановлено технологічні умови отримання мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом шляхом ферментативного розріджування

крохмалю за спрощеним температурним режимом. Доведено, що дотримання лише двох температурних пауз по 20 хв (при 59-60 °С та 90 °С), дозволяє отримувати продукти з термореверсивними драглеутворюючими властивостями визначеного вуглеводного складу (глюкози близько 0,3 %, мальтози та олігосахаридів – 1,5...2,0 %, декстринів – 40...45 %, високомолекулярної фракції близько 50 %).

6. Удосконалено технологію мальтодекстринів із застосуванням мікрохвильового випромінювання надвисокої частоти, яка полягає у гідролізі крохмальної суспензії з вмістом сухих речовин 30-35% термостабільною α -амілазою, дозованою з розрахунку 0,3-0,5 од. ак./г СР крохмалю, у полі НВЧ при питомих витратах енергії надвисокої частоти 240-300 Дж/см³.

7. Дослідно-промислові випробування розробленої технології ферментативного розріджування крохмалю шляхом одночасної клейстеризації і гомогенізації крохмалю та подальшого його розріджування за допомогою термостабільного ферменту на Звягінському крохмальному заводі підтвердили, що за невисоких капітальних витрат забезпечується значне покращення технологічних показників гідролізатів, підвищення виходу і якості готової продукції. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження удосконаленої технології, за рахунок зниження собівартості патоки, за потужності підприємства 300 т/добу і виробничого сезону 300 діб в рік, складе 3,690 млн. грн.

8. За результатами дослідно-промислових випробувань технології драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом за спрощеним температурним режимом на Звягінському крохмальному заводі встановлено, що технологія відрізняється простотою і економічністю, а отриманий продукт має властивості стабілізатора, носія консистенції, антикристалізатора і може знайти широке застосування у різних галузях харчової промисловості. Очікуваний річний економічний ефект виробництва складе 4,321 млн. грн. на рік.

9. Встановлено, що застосування мальтодекстринів у майонезах в кількості 4-6 % до маси продукту дозволяє знизити вміст олії на 35 %, цукру на 0,1 %, яєчного порошку на 3,2 % або зовсім виключити його з рецептури, що дозволить знизити собівартість продукції та її калорійність. На основі спільних досліджень з кафедрою технології молока та молочних продуктів встановлено ефективність та перспективність використання мальтодекстрину в якості жирозамінника у виробництві низькокалорійних продуктів та як структуроутворювача у молочних продуктах.

Новизна технічних рішень підтверджена 5 деклараційними патентами на винахід.

Список праць, опублікованих за темою дисертації

1. Одержання мальтодекстринів з крохмалю та їх застосування / Грабовська О.В., Майданець О.М., Штангеева Н.І., Петрушевський В.В. // Цукор України. – 2002. – №2. – С. 26.

Особистий внесок: приймала участь в організації та проведенні досліджень, обробці експериментальних даних і написанні статті.

2. Дослідження процесу ферментативного розріджування крохмалю / Грабовська О.В., Майданець О.М., Штангеева Н.І., Українець А.І. // Наукові праці НУХТ. – 2002. – №13 – С. 78.

Особистий внесок: приймала участь у проведенні досліджень, обробці результатів експерименту та оформленні статті.

3. Інтенсифікація ферментативного гідролізу крохмалю обробленням парю / Грабовська О.В., Майданець О.М., Штангеева Н.І., Українець А.І. // Цукор України. – 2003. – №2. – С. 27.

Особистий внесок: приймала участь у підборі і теоретичному аналізі літературних джерел, плануванні і проведенні досліджень, підготовці матеріалів до друку.

4. Деклараційний патент на винахід 59315 А України, МПК⁷ С12Р19/14. Спосіб виробництва драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом // Грабовська О.В., Штангеева Н.І., Майданець О.М., Кузнєцова І.В. – №20021210624; Заявл. 26.12.2002; Опубл. 15.08.2003, Бюл. № 8.

Особистий внесок: провела патентний пошук, приймала участь у експериментальних дослідженнях, узагальненні їх результатів, підготовці матеріалів та написанні заявки на патент України.

5. Деклараційний патент на винахід 66711 А України, МПК⁷ С13К1/06. Спосіб розріджування крохмалю // Грабовська О.В., Штангеева Н.І., Майданець О.М., Кузнєцова І.В. – №2003109186; Заявл. 13.10.2003; Опубл. 17.05.2004, Бюл. № 5.

Особистий внесок: провела патентний пошук, приймала участь в організації та проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих даних та написанні заявки на патент України.

6. Деклараційний патент на винахід 70716А України, МПК 7 С13К1/06, С12Р19/02. Спосіб виробництва високооцукреного сиропу // Грабовська О.В., Штангеева Н.І., Майданець О.М., Кузнєцова І.В., Гордійчук Н.І. – №20031212351; Заявл. 25.12.2003; Опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10.

Особистий внесок: провела патентний пошук, приймала участь у експериментальних дослідженнях, узагальненні їх результатів, підготовці матеріалів та написанні заявки на патент України.

7. Деклараційний патент на винахід 70736А України, МПК 7 А23G3/00. Спосіб виробництва фруктового концентрату // Грабовська О.В., Штангеева Н.І., Майданець О.М., Кузнєцова І.В., Качковський О.О. – №20031212467; Заявл. 25.12.2003; Опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10.

Особистий внесок: провела патентний пошук, приймала участь в організації та проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих даних та написанні заявки на патент України.

8. Деклараційний патент на винахід 70674А України, МПК 7 А23G3/00. Спосіб виробництва глюкозної помади // Грабовська О.В.,

Штангєєва Н.І., Майданець О.М., Кузнєцова І.В., Гордїйчук Н.І. – №20031212089; Заявл. 23.12.2003; Опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10.

Особистий внесок: провела патентний пошук, приймала участь в організації та проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих даних та написанні заявки на патент України.

9. Дослідження процесу ферментативного розріджування крохмалю / Майданець О.М., Штангєєва Н.І. // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів “Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості”. – К.: НУХТ. – Ч.2. – 2002. – С. 11.

Особистий внесок: приймала участь у проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих даних та написанні тез доповіді.

10. Розроблення технології цукристих крохмалепродуктів з використанням фруктово-ягідної сировини / О.В. Грабовська, Н.І. Штангєєва, О.М. Майданець, Н.І. Гордїйчук // Сборник научных статей научно-практической конференции “Перспективные направления развития пищевой промышленности”. – Одесса: ОЦНТЭИ. – 2003. – С. 47-49.

Особистий внесок: приймала участь у проведенні досліджень, узагальненні отриманих результатів та оформленні тез доповіді.

11. Вплив НВЧ випромінювання на ферментативний гідроліз крохмалю / Майданець О.М., Штангєєва Н.І. // Тези доповідей 69-ї наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. – Ч.2. – К.:НУХТ. – 2003. – С. 13.

Особистий внесок: приймала участь у плануванні та проведенні досліджень, проаналізувала їх результати та оформила тези доповіді.

12. Продукти ферментативної модифікації крохмалю та їх застосування / О.В. Грабовська, Н.І. Штангєєва, О.М. Майданець, І.В. Кузнєцова // Матеріали науково-практичної конференції “Харчові добавки, інгредієнти, БАДи – їх властивості та використання у виробництві продуктів та напоїв”. – Феодосія. – 2003. – С. 83-85.

Особистий внесок: приймала участь у підборі і теоретичному аналізі літературних джерел, в проведенні експериментальних досліджень, обговоренні та узагальненні результатів досліджень, підготовці матеріалів до публікації.

13. Виробництво цукристих крохмалепродуктів на основі біоконверсії крохмалю / О.В. Грабовська, Н.І. Штангєєва, І.В. Кузнєцова, О.М. Майданець // Матеріали науково-технічної конференції “Безпечність продуктів харчування вітчизняного виробництва”. – Київ. – 2003. – С. 78-80.

Особистий внесок: приймала участь у проведенні досліджень, обробці експериментальних даних та оформленні матеріалів.

14. Розроблення технології мальтодекстринів / О.В. Грабовська, Н.І. Штангєєва, О.М. Майданець // Сборник научных статей научно-практической конференции “Перспективные направления развития пищевой промышленности”. – Одесса: ОЦНТЭИ. – 2004. – С. 22-25.

Особистий внесок: провела дослідження, приймала участь в обробленні експериментальних даних і написанні тез доповіді.

15. Усовершенствование сруктурообразователей из крахмала / О.Н. Майданец // Тезисы докладов IV-й Международной научной конференции студентов и аспирантов “Техника и технология пищевых производств”. – Могилёв. – 2004. – С. 55-56.

Особистий внесок: приймала участь в організації та проведенні досліджень, оформила тези доповіді.

16. Вивчення кінетики розріджування крохмалю із застосуванням ферментів / Майданець О.М., Штангеева Н.І. // Тези доповідей 70-ї наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів. – Ч.2. – К.:НУХТ. – 2004. – С 12.

Особистий внесок: провела експериментальні дослідження, проаналізувала і узагальнила їх результати, оформила тези доповіді.

АНОТАЦІЯ

Майданець О.М. Удосконалення технологій ферментативного розріджування крохмалю та мальтодекстринів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – Технологія цукристих речовин. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2005.

Робота присвячена проблемі удосконалення процесу ферментативного розріджування крохмалю та розроблення технологій нових крохмалепродуктів шляхом застосування ферментних препаратів на початковому етапі гідролізу.

Встановлено, що інтенсифікація процесу ферментативного розріджування крохмалю із застосуванням механічного чи мікрохвильового впливу дозволить зробити цей процес максимально ефективним. Визначено оптимальні технологічні умови процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалів та способів його інтенсифікації.

Запропоновано дві технології ферментативного розріджування крохмалю: шляхом застосування електромагнітного поля надвисокої частоти та шляхом клейстеризації і гомогенізації з подальшим розріджуванням крохмальної суспензії за допомогою термостабільної α -амілази.

Розроблено технологію драглеутворюючих мальтодекстринів із застосуванням поля НВЧ, удосконалено і випробувано у виробничих умовах технологію виробництва драглеутворюючих мальтодекстринів з низьким глюкозним еквівалентом шляхом спрощення температурного режиму.

Ключові слова: *ферментативне розріджування, гідролізати, оброблення паром, механічна гомогенізація, мікрохвильове випромінювання, драглеутворення, термореверсивні драглі, мальтодекстрини.*

АННОТАЦІЯ

Майданець О.Н. Усовершенствование технологий ферментативного разжижения крахмала и мальтодекстринов. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – Технология сахаристых веществ. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2005.

Анализ литературных источников показал, что основным путём усовершенствования процесса разжижения крахмала является замена традиционного катализатора этого процесса – минеральной кислоты на более современный – ферментный препарат. Этот факт положено в основу разработки технологий новых крахмалопродуктов с заданными свойствами. Основным недостатком ферментативного разжижения крахмала по сравнению с кислотным является трудное фильтрование крахмальных гидролизатов, что препятствует широкому внедрению этого способа в производство. Проанализированы существующие способы интенсификации разжижения крахмала. Рассмотрены существующие технологии мальтодекстринов, проанализированы особенности технологии мальтодекстринов с низким глюкозным эквивалентом. Анализ существующих способов позволил разработать пути усовершенствования технологии разжижения крахмала и мальтодекстринов с использованием современных, эффективных и экологически безопасных методов.

Работа посвящена проблеме разработки технологий новых крахмалопродуктов с заданными свойствами путём использования ферментных препаратов на начальной стадии гидролиза – разжижении крахмала.

В работе проведены кинетические исследования и расчёты процесса ферментативного разжижения кукурузного и картофельного крахмала, выведены математические уравнения этого процесса, на основании которых рассчитаны оптимальные технологические параметры. Установлено, что для кукурузного крахмала это концентрация крахмальной суспензии 30 % и дозировка фермента α -амилазы 4 ед. ак./г сухих веществ, а для картофельного – концентрация 35 % и дозировка α -амилазы 3 ед. ак./г СВ крахмала.

На основании теоретических и экспериментальных исследований установлено, что интенсификация процесса ферментативного разжижения крахмала путём использования механического или микроволнового воздействия позволит сделать этот процесс максимально эффективным для широкого использования его в производстве различных крахмалопродуктов.

Предложено и исследовано в производственных условиях технологию ферментативного разжижения крахмала путём клейстеризации и гомогенизации крахмальной суспензии с последующим разжижением крахмала термостабильным ферментом на Звягинском крахмальном заводе. Ожидаемый годовой экономический эффект производства за счёт снижения себестоимости патоки составит 3,69 млн. грн (при мощности предприятия 300 т/сутки и производственном сезоне 300 суток на год).

Разработано технологию ферментативного разжижения крахмала в поле СВЧ, которая позволяет сократить длительность процесса в 3 раза, а дозировку фермента α -амилазы уменьшить в два раза (от 4 до 2 ед. ак./г СВ) при удельных затратах энергии сверхвысокой частоты 240-300 Дж/см³ при концентрации крахмальной суспензии 35 %.

Разработано технологию мальтодекстринов с использованием микроволнового излучения сверхвысокой частоты, которая заключается в

разжижении крахмала с содержанием 30-35 % сухих веществ термостабильной α -амилазой, дозированной из расчёта 0,3-0,5 ед. ак./г СВ крахмала, при использовании энергии сверхвысокой частоты в количестве 240-300 Дж/см³.

Усовершенствовано и апробировано в производственных условиях на Звягинском крахмальном заводе технологию производства гелеобразующих мальтодекстринов путём упрощения температурного режима до двух температурных пауз по 20 мин при температуре 59...60 °С и 90 °С с последующим 30-ти минутной термообработкой при 120 °С. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения технологии в производство на действующем предприятии составит 4,321 млн. грн

Ключевые слова: *ферментативное разжижение, гидролизаты, ферментные препараты, обработка паром, механическая гомогенизация, микроволновое излучение, терморевверсивный гель, мальтодекстрины.*

ANNOTATION

Maydanets O.M. Improvement of technologies of starch enzymatic liquefaction and maltodextrin. - Manuscript.

The dissertation is presented to acquire a scientific degree of the candidate of technical science in the specialty 05.18.05 - Technology of sugary substances. - National University of Food Technologies, Kyiv, 2005.

This work is devoted to a problem of developing the technologies of new starch products with the set properties by the usage of enzyme preparations at the initial stage of hydrolysis - liquefaction of starch.

There is established that the intensification of enzymatic liquefaction process of starch with the usage of mechanical or microwave influence would allow to make this process simple and maximally effective to enwiden its usage in production of various starch products. Optimal technological conditions of enzymatic liquefaction process for corn and potato starches, and the ways of its intensification are determined.

We offered two technologies of enzymatic liquefaction of starch: the usage of an electromagnetic field of ultrahigh frequency to intensify the process and obtain the high quality hydrolyzate, and gelatinization and homogenization with the subsequent liquefaction of starch suspensions with a help of thermostable enzyme.

The gel-forming maltodextrins - products of starch enzymatic liquefaction - with low glucose equivalent has been advanced and tested in industrial conditions by simplification of a temperature mode.

There is also developed technology of the gel-forming maltodextrins with the usage of microwave radiation with ultrahigh frequency.

Key words: *enzymatic liquefaction of starch, hydrolysis of starch, ferment preparations, steam processing, mechanical homogenization, microwave radiation, gel-formation, termoreversive gel, maltodextrins.*