

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ПАСТУХ ГАННА СТЕПАНІВНА



УДК 664.292

**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕКТИНУ З ВТОРИННОЇ КАРТОПЛЯНОЇ
СИРОВИНИ**

05.18.05 – Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Грабовська Олена В'ячеславівна,
Національний університет харчових технологій
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри технології цукру і підготовки води

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Перцевий Федір Всеволодович,
Сумський національний аграрний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри технології харчування

кандидат технічних наук, доцент
Мазняк Захар Олександрович,
Харківський державний університет
харчування та торгівлі
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри устаткування харчової і
готельної індустрії ім. М.І. Беляєва

Захист дисертації відбудеться 25 квітня 2018 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 у Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, ауд. A-310.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий _____ 2018 р.

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

М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із основних завдань, яке визначене в стратегії інноваційного розвитку України на 2010-2020 роки в умовах глобалізаційних викликів є комплексне перероблення сировини, зменшення шкідливих відходів виробництва та їх негативного впливу на довкілля, розроблення інноваційних технологій імпортозаміщуючої продукції. Виробництво пектину відповідає цьому завданню, оскільки, з одного боку, залучає вторинну пектиновмісну сировину – буряковий жом, яблучні, цитрусові, виноградні, гарбузові вичавки, а з іншого – сприяє виготовленню широкого асортименту цінних пектиновмісних продуктів.

Перспективною сировиною для виробництва пектину в Україні є картопляна мезга. Щорічно маса відходів крохмального виробництва – картопляної мезги – лише у країнах Європи становить понад 1 млн. тонн, в тому числі в Україні близько 40 тис. тонн. Проблема утилізації картопляної мезги стоїть досить гостро. На сьогодні в Україні вологу мезгу частково використовують на корм для худоби, а частково – у якості органічного добрива для полів. При зберіганні вологої мезги на повітрі відбувається її окиснення, інтенсивний розвиток мікрофлори, що створює проблеми для навколишнього середовища. За хімічним складом картопляна мезга складається, в основному, з крохмалю, целюлози, геміцелюлози та пектину. Значний вміст пектину робить її привабливою сировиною для його промислового виробництва.

Значний внесок у науку про хімію та технологію пектину своїми фундаментальними дослідженнями зробили вчені Л.Б. Сосновський, Н.П. Шелухіна, К.В. Сапожнікова, Г.Б. Аймухамедова, М.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Неліна, В.Н. Голубєв та ін., науковий доробок яких, в основному, стосується яблучного, цитрусового, соняшникового та бурякового пектинів. Дослідженню способів вилучення пектину з картопляної сировини на пострадянському просторі увага не приділялась, хоча значна кількість мезги, що накопичується на крохмальних заводах, може бути цінною сировиною для отримання харчових волокон – пектину і картопляного порошку.

Дослідженням способів вилучення картопляного пектину та вивченням його фізико-хімічних властивостей займалось багато закордонних вчених, а саме Flemming H. Larsen, Inge Byg, Iben Damager, Jerome Diaz, Peter Ulvskov, Nastaran Khodaei, Salwa Karboune, Karin Metzloff, Shuqian Li, Helle C. Ravn, Ole Bandsholm Sørensen, Anne S. Meyer, Jerome Diaz a, Jesper Harholt та ін. Особливо активно вивченням способів вилучення картопляного пектину на сьогодні займаються данські, американські та китайські вчені. Країнами монополістами у виробництві пектину є США (CP Kelco) та Німеччина (Herbstreith & Fox KG).

Дисертаційна робота присвячена актуальній темі – розробленню технології пектину з вторинної сировини – картопляної мезги – відходу картоплекрохмального виробництва.

Реалізація технології перероблення картопляної мезги на пектин дозволить вирішити дві важливі задачі: покращити екологічну ситуацію в регіоні і отримати цінні продукти, виробництво яких в Україні відсутнє. Крім того, впровадження

даної технології буде сприяти створенню ресурсозберігаючого сучасного комплексу з майже безвідходним переробленням картоплі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з пріоритетним напрямком наукових робіт Національного університету харчових технологій: «Розроблення наукових основ технологічних процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації і автоматизації» (схвалено вченою радою НУХТ, протокол №8, від 28.03.2013 р.).

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – на основі теоретичних та експериментальних досліджень розробити технологію пектину з картопляної мезги і дослідити його властивості.

Відповідно до мети визначено основні задачі:

- дослідити способи підготовки сировини – картопляної мезги – для ефективного вилучення пектину;
- дослідити кінетичні закономірності і встановити раціональні параметри кислотного-термічного гідролізу пектину картопляної сировини;
- дослідити фізико-хімічні властивості картопляного пектину;
- дослідити оптимальні умови використання ферментних препаратів на різних стадіях технологічного процесу з метою підвищення виходу та покращення якості картопляного пектину;
- дослідити вплив технологічних умов гідролізу комбінованої сировини на фізико-хімічні властивості пектину;
- дослідити можливість отримання картопляного порошку з прогідролізованої мезги;
- розробити апаратурно-технологічну схему комплексного перероблення картопляної мезги на пектин і картопляний порошок;
- здійснити промислову апробацію розробленої технології картопляного пектину.

Об'єкт дослідження – технологія картопляного пектину.

Предмет дослідження – картопляна мезга, пектиновий екстракт, зразки картопляного пектину, отримані різними способами, картопляно-цитрусовий, картопляно-гарбузовий пектини, картопляний порошок.

Методи досліджень – традиційні та удосконалені хімічні, фізико-хімічні, структурно-механічні, аналітичні методи визначення активності ферментних препаратів (ФП), якості вихідної сировини, проміжних і готових продуктів; методи планування експерименту та математичного оброблення експериментальних даних з використанням сучасних комп'ютерних програм: Mathcad Professional, AutoCAD, Excel, Origin, Spekwin, Opus.

Наукова новизна одержаних результатів.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано новий концептуальний підхід щодо цільового використання свіжої картопляної мезги – відходу картоплекрохмального виробництва для перероблення на пектин та картопляний порошок.

Вперше:

– вивчено кінетичні закономірності процесу гідролізу картопляної мезги в присутності хлоридної кислоти за різних технологічних умов, що дозволило оптимізувати технологічні параметри даного процесу з метою максимального вилучення пектину;

– отримано адекватні математичні залежності між виходом пектину і основними технологічними параметрами процесу кислотного-термічного гідролізу картопляної сировини;

– досліджено фізико-хімічні властивості картопляного пектину і встановлено, що використання ФП целюлази і бактеріальної α -амілази на стадії попереднього оброблення сировини підвищує уронідну складову пектину і його комплексоутворювальну здатність;

– методом ІЧ-спектроскопії доведено наявність у складі картопляного пектину моносахаридів рамнози, галактози, арабінози, ксилози та маннози та встановлено, що значний вміст нейтральних сахаридів зменшує драглеутворювальну здатність картопляного пектину;

– встановлено, що шляхом цілеспрямованого комбінування картопляної мезги з гарбузовою і цитрусовою, залежно від технологічних параметрів гідролізу, можна отримувати пектини з різними фізико-хімічними властивостями.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію пектину, що базується на ферментативному обробленні та кислотного-термічного гідролітичного розщепленні протопектину картопляної і комбінованої сировини.

Розроблено спосіб отримання пектину з картопляної мезги, що передбачає ферментативне оброблення сировини целюлолітичними та амілолітичними ФП з подальшим кислотного-термічним гідролізом (патент України на винахід № 114384, патент на корисну модель № 114795) та спосіб отримання пектину з високою драглеутворювальною здатністю шляхом використання сумішей картопляної мезги з цитрусовими або гарбузовими вичавками (патент на корисну модель № 112392).

Розроблено проект нормативної документації ТУ У 0207 0938-248:2017 «Картопляний пектин. Технічні умови».

Розроблено апаратурно-технологічну схему комплексного перероблення картопляної мезги на пектин та харчовий картопляний порошок.

Проведено дослідно-промислове випробування розробленої технології на виробничих потужностях ПБП «ВИМАЛ» у м. Чернігів, за результатами яких було розраховано, що на картоплекрохмальному підприємстві потужністю 200 т переробки картоплі на добу за виробничий сезон можна отримати близько 83 т пектину, що за умов прийнятої рентабельності 30 % дозволить підприємству отримати прибуток понад 2933 тис. грн. на рік. При цьому ціна на картопляний пектин буде значно нижчою за ціну імпортного пектину, яка коливається в межах 600-1000 грн./кг.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі сучасного стану проблеми, загальній постановці задач і розробленні програми експериментів, проведенні лабораторних і промислових досліджень, опрацюванні та узагальненні отриманих

результатів, розробленні нормативної документації, підготовленні та оформленні наукових публікацій за темою дисертаційної роботи.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником – д.т.н., проф. Грабовською О.В.

Математичну обробку експериментальних даних – спільно з к.т.н. Мірошником В.О.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Другому Північно- та Східноєвропейському Конгресі з Харчової Науки (NEEFood-2013), Міжнародних наукових конференціях «Хранителна наука, техника и технологии» (Пловдив, 2014-2015 рр.), Міжнародній науково-практичній конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість і безпека» (Київ, 2014 р.), Міжнародній науковій конференції, «Иновационные технологии в пищевой промышленности» (Мінськ, 2014-2015 рр.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми хімії і хімічної технології» (Київ, 2014 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Харчові технології, хлібопродукти і комбікорми» (Одеса, 2015 р.), 8-му Центрально Європейському конгресі «Food Science for Well-being» (Київ, 2016 р.).

Публікації. Матеріали дисертації достатньо повно опубліковані у 27 (двадцяти семи) друкованих працях, із них 8 (вісім) статей в наукових фахових виданнях, у тому числі 3 статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (наукометричні бази РИНЦ, Index Copernicus, Google Scholar), 1 (одна) стаття опублікована в закордонному виданні, 1 (один) патент України на винахід та 2 (два) патенти України на корисну модель, 16 (шістнадцять) тез доповідей на міжнародних наукових і науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку бібліографічних посилань вітчизняних та іноземних джерел, додатків. Робота викладена на 154 сторінках друкованого тексту, містить 36 рисунків і 25 таблиць. Список використаних джерел включає 207 найменувань, з яких 109 англомовні.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок із науковими програмами, визначено мету, завдання, предмет, об'єкт та методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, приведені дані щодо їх апробації, а також відомості про особистий внесок здобувача.

У **першому розділі «Сучасний стан виробництва пектину в Україні та перспективи його розвитку»** наведено аналіз світових виробників пектину та стан ринку пектину в Україні. Розглянуто перспективи відродження виробництва пектину з вторинної сировини та розширення асортименту пектинопродуктів в Україні. Наведено основні вимоги до якості пектину в залежності від сфери його використання.

Представлено характеристику картопляної мезги – відходу картоплекрохмального виробництва – як сировини для отримання пектину. Розглянуто сучасні способи вилучення пектину з різної рослинної сировини і, в тому числі, картопляної мезги.

Проаналізовано фізико-хімічні властивості пектину різного рослинного походження та відомості про структуру картопляного пектину.

Визначено основні напрямки і сформульовано задачі дослідження.

У **другому розділі «Об'єкти та методи досліджень»** наведено характеристику об'єкта, предмета та методів досліджень, опис умов проведення експериментів. Розроблено загальну блок-схему досліджень. У роботі використано загальноприйняті та спеціальні методики аналізу сировини, екстракту та пектину.

Визначення амілолітичної активності термостабільної α -амілази проводили у відповідності до ГОСТ 20264.4-89 модифікованим методом.

Наведено опис способів отримання зразків картопляного пектину, які використовували у роботі для аналізу структури і фізико-хімічних властивостей.

Зразок 1. Промиту картопляну мезгу змішували з розчином хлоридної кислоти. Гідромодуль гідролізу (q_r), задавали рівним 2 (співвідношення СР мезги : вода як 1:10). Кислотно-термічний гідроліз картопляної мезги проводили за температури 75 °С, рН гідролізної суміші 1,6 протягом 70 хв. Відокремлювали рідку фазу, нейтралізували розчином аміаку до значення рН 3. Коагуляцію пектину проводили етиловим спиртом (80 % об) при співвідношенні екстракт : етанол як 1:2. Відокремлений пектиновий коагулят додатково промивали (закріплювали) 96 % об етанолом, після чого зневоднювали, висушували, подрібнювали і просіювали.

Зразок 2. Пектин, отриманий з картопляної мезги, яку попередньо піддавали обробленню ферментними препаратами α -амілази та глюкоамілази з подальшим кислотно-термічним гідролізом. Оброблення сировини ФП α -амілази «VAN 480L» проводили за температури 70...72 °С, рН 6,0 при додаванні ФП у кількості 3 одиниці амілолітичної активності на грам абсолютно сухого крохмалю (Ам. од./г СР) протягом 30...40 хв. Для інгібування даного ФП суміш кип'ятили протягом 3 хв, після чого охолоджували до температури 50 °С та вносили ФП глюкоамілази «Diazyme SG» у кількості 3 од. акт./ г СР. Оброблення здійснювали за температури 50 °С, рН 4,0...4,5 протягом 6 год, після чого додавали розчин НСІ і проводили кислотно-термічний гідроліз, відокремлення екстракту, нейтралізацію та коагуляцію пектину, як описано вище (див. зразок №1).

Зразок 3. Порошок картопляного пектину, отриманий способом кислотного гідролізу, описаним вище (зразок №1), розчиняли у воді та обробляли ФП амілолітичної дії: α -амілазою та глюкоамілазою, як описано у способі отримання зразку №2. При цьому протягом усього часу ферментативного гідролізу проводили якісну реакцію на крохмаль з йодом. Після закінчення оброблення ферментами пектин осаджували етанолом, як описано вище (див. зразок №1).

Зразок 4. Картопляний пектин, отриманий із сировини, попередньо обробленої ФП целюлази і α -амілази з наступним кислотно-термічним гідролізом. Оброблення ФП «Целюлад» проводили у кількості 9 ЦдА. од./г СР за рН 5,5...6,5, температури 50 °С протягом 3 годин. Далі додавали у гідролізну масу ФП α -амілази «VAN 480L» у кількості 3 Ам. од./г СР і обробляли за температури 70...72 °С, рН 6,0 протягом 30...40 хв. Кислотно-термічний гідроліз суміші та подальші операції з виділення пектину проводили, як вказано у способі отримання зразку №1.

Зразок 5. Картопляний пектин, отриманий шляхом попереднього оброблення мезги ФП целюлази у кількості 9 ЦдА. од./г СР за рН 5,5...6,5, температури 50 °С

протягом 3 годин з наступним кислотно-термічним гідролізом. Відокремлений пектиновий екстракт обробляли ФП α -амілази «VAN 480L» у кількості 3 Ам. од./г СР за температури 70...72 °С, рН 6,0 протягом 30 хв. Кислотно-термічний гідроліз і коагуляцію пектину здійснювали як у зразку №1.

Зразок 6. Картопляний пектин, отриманий шляхом ферментативного гідролізу картопляної мезги без участі кислот та інших реагентів. Ферментативний гідроліз проводили ФП целюлолітичної дії «Целюлад» у кількості 9 ЦЛА. од./г СР за температури 50 °С, рН 5,5...6,5 протягом 3 год. Коагуляцію пектину здійснювали етанолом як описано вище (див. зразок №1).

Експериментальну частину роботи виконано в лабораторних умовах на кафедрах технології цукру і підготовки води, фізичної і колоїдної хімії, біотехнології, технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів Національного університету харчових технологій, а також у лабораторіях хімічного факультету Національного університету ім. Т.Г. Шевченка, інституту фізичної хімії НАН України, інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України та на підприємстві ПБП «ВИМАЛ» м. Чернігів.

У третьому розділі «Дослідження гідролізу картопляної сировини з метою отримання пектину» Визначено вміст пектину в різних сортах картоплі, що найбільш поширені на території України. Показано, що обрана рослинна сировина містить у своєму складі до 13 % спиртоосаджуваних пектинових речовин до маси сухих речовин. На основі проведених досліджень, встановлено, що найбільш ефективним гідролізуючим реагентом для гідролізу протопектину картопляної мезги є хлоридна кислота.

Проведено експериментальні дослідження щодо вивчення кінетики процесу гідролізу-екстрагування пектинових речовин картоплі за різних значень рН – 0,6; 1,6; 2 та температури 60, 70, 80 і 90 °С. В ході гідролізу через кожні 20 хв. відбирали проби екстракту і визначали концентрацію, а також вихід спиртоосаджуваного пектину на даний момент часу у % до маси СР сировини. Загалом було проведено 72 досліди за різних умов гідролізу. Результати досліджень представлені у вигляді кінетичних кривих, які характеризують зміни концентрації пектину в екстракті в ході гідролізу (рис. 1).

З отриманих даних видно, що найбільший вміст пектину у екстракті в ході гідролізу спостерігається за умови його проведення при рН середовища 0,6 та 1,6 за температур 80, 90 °С. Проте, за жорстких умов гідролізу одночасно відбуваються і небажані реакції, пов'язані з подальшим гідролітичним розщепленням макромолекул пектину, особливо це помітно при проведенні процесу за рН середовища 0,6. Таким чином, в ході процесу гідролізу за високих температур вихід спиртоосаджуваного пектину різко зменшується, оскільки прискорюються реакції деполімеризації і деетерифікації пектинових макромолекул.

За літературними даними реакція гідролізу протопектину описується кінетичним рівнянням першого порядку. Для кожного досліду в кожен період часу було розраховано значення константи швидкості цієї реакції і визначено *середні* значення константи для даних умов (температури і рН). З метою аналізу впливу технологічних чинників на швидкість реакції гідролізу протопектину дані

розрахунків середньої константи швидкості реакції зведено у графічну залежність цієї величини від рН за різних температур (рис.2).

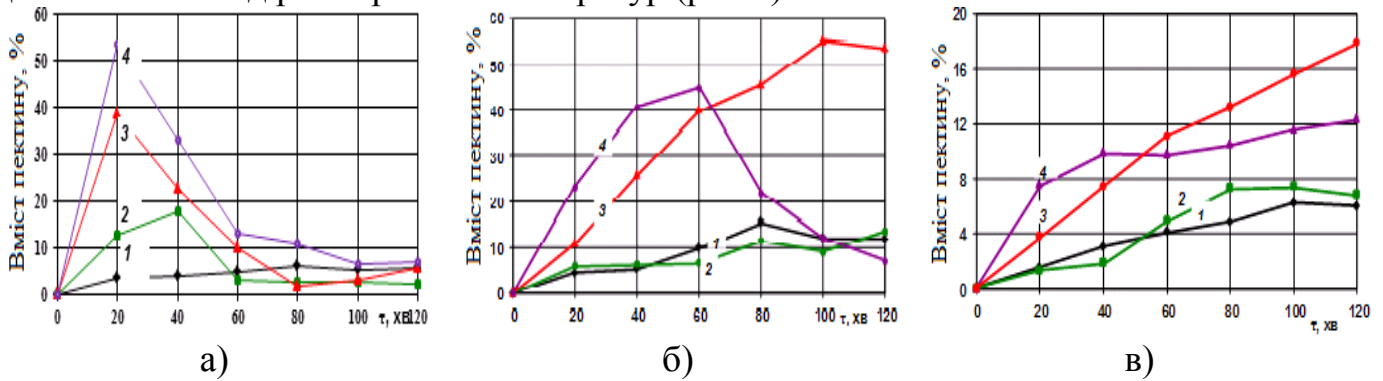


Рисунок 1 – Залежність вмісту пектину (у % до маси СР сировини) в гідролізній масі від рН, температури та тривалості гідролізу: а) рН 0,6, б) рН 1,6, в) рН 2,0; 1 – 60 °С, 2 – 70 °С, 3 – 80 °С, 4 – 90 °С

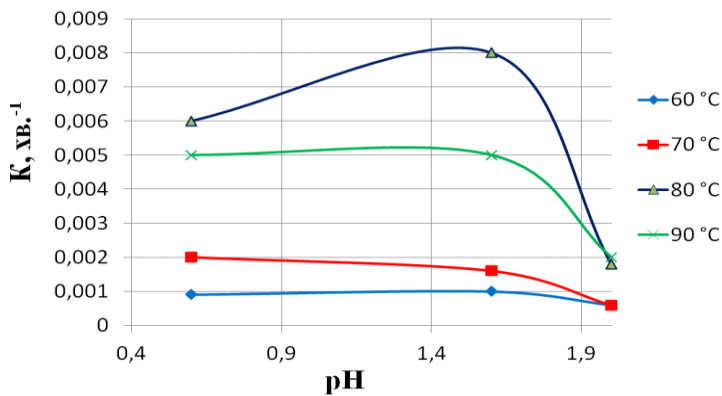


Рисунок 2 – Значення середньої константи швидкості кислотного гідролізу картопляної сировини для різних параметрів процесу

Як видно з рис. 2 при підвищенні температури процесу до 80 °С значення середньої константи швидкості реакції є найбільшим при рН 1,6. Проте, при подальшому підвищенні температури до 90 °С відбувається зменшення середньої константи швидкості гідролізу через посилення деструктивних процесів, що призводять до утворення низькомолекулярних сполук, які не осаджуються етанолом. Таким чином, найвагомим чинником, що впливає на процес гідролізу картопляної мезги

є температура. За умови рН 2 підвищення температури не призводить до збільшення константи швидкості реакції гідролізу протопектину.

Шляхом планування експерименту на основі отриманих дослідних даних розроблено математичну модель процесу гідролізу картопляної мезги, яка з достатньою достовірністю дозволяє прогнозувати вихід спиртоосаджуваного пектину залежно від технологічних умов гідролізу з використанням хлоридної кислоти:

$$Y=26,52-9,62x_1+1,24 \cdot x_2+0,22 \cdot x_3-0,20 \cdot x_1 \cdot x_2-0,99 \cdot x_1 \cdot x_3-1,65 \cdot x_2 \cdot x_3-1,96 \cdot x_1^2-2,95 \cdot x_2^2-4,09 \cdot x_3^2$$

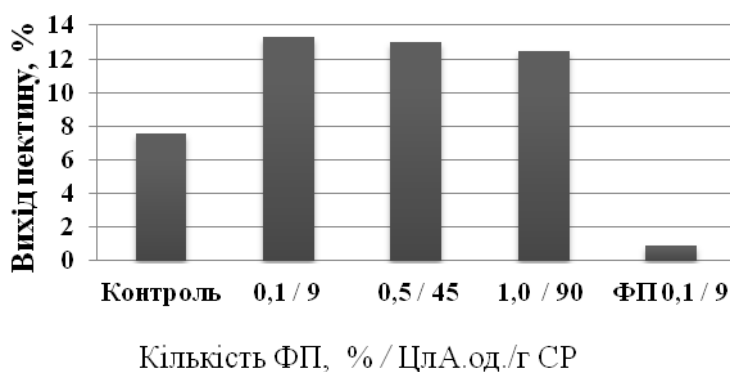
де: Y – вихід пектину, x_1 – температура, x_2 – концентрація хлоридної кислоти, x_3 – тривалість процесу.

За допомогою рівняння регресії визначено параметри оптимального технологічного режиму вилучення пектину з картопляної мезги: концентрація

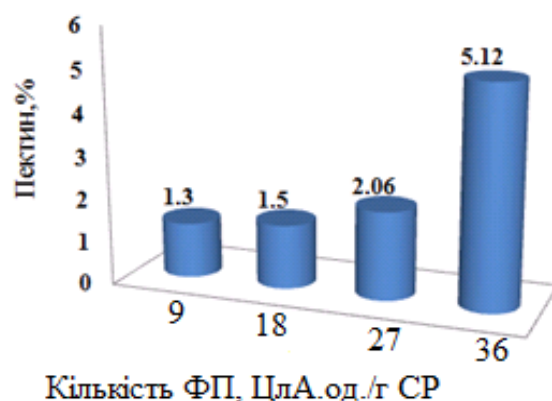
кислоти 1,45 % до гідролісної маси; тривалість гідролізу 70,5 хвилин при температурі 75 °С.

З метою збільшення виходу пектинових речовин проведено серію досліджень з поєднанням ферментативного оброблення та кислотного-термічного гідролізу картопляної сировини. В процесі попереднього оброблення ферментний препарат целюлази додавали у кількості 0,1 %, 0,5 %, 1 % до маси СР, що відповідає 9, 45, 90 одиницям целюлолітичної активності на грам сухих речовин (ЦЛА од./г СР) (рис.3, а). Ферментативний гідроліз здійснювали протягом 3 годин за температури 50 °С, гідромодулі 1:2, після чого проводили кислотного-термічний гідроліз хлоридною кислотою за умов: рН 1,6±0,1, температура 72...75 °С, тривалість 70...75 хв. У якості зразка порівняння використовували пектин, вилучений за аналогічних умов без додавання ферментів (контроль). Також було отримано зразок пектину при застосуванні лише ферментного препарату (ФП 0,1/9) (рис. 3, а). Використання целюлолітичних ФП на стадії попереднього оброблення рослинної сировини у поєднанні з кислотного-термічним гідролізом дозволяє значно підвищити вихід пектину з 7 % до 13 % (рис.3, а).

З метою розроблення біотехнології пектину, проведено серію дослідів з використанням лише ФП целюлази для гідролізу картопляної мезги без застосування кислоти та будь-яких інших хімічних реагентів (рис 3, б). ФП додавали в кількості 9, 18, 27, 36 ЦЛА од./г СР.



а) різні способи проведення процесу



б) без використання кислоти

Рисунок 3 – Залежність виходу пектину від кількості доданого ФП целюлази

Найбільший вихід пектину (5,12 %) спостерігався при використанні ФП целюлази у кількості 36 ЦЛА од./г СР (рис. 3, б). Проте, це значно менший вихід пектину, ніж було отримано при використанні кислотного і ферментативно-кислотного способів, крім того, коагуляційна структура даного пектину була слабкою. Таким чином, найефективнішим є використання ФП препарату целюлази на етапі попереднього оброблення сировини з подальшим кислотного-термічним гідролізом.

Було встановлено, що разом з пектиновими речовинами етанолом осаджуються високомолекулярні декстрини, які утворюються при гідролізі крохмалю, що міститься у меззі. З метою підвищення чистоти пектину за рахунок руйнування полісахаридних ланцюгів крохмалю, при отриманні картопляного

пектину на різних етапах процесу було використано амілолітичні ФП (див. другий розділ опис зразків 2, 3, 4, 5).

Для досліджень використовували бактеріальну α -амілазу BAN-480L активністю 1000 одиниць амілолітичної активності у 1 см³ препарату (Ам.од.). Дозування ферменту здійснювали у кількості 3 Ам.од./г СР. Ферментативний гідроліз ФП бактеріальної α -амілази проводили протягом 30...40 хв при температурі 75 °С. Оптимальну тривалість ферментативного гідролізу та дозування амілолітичного ФП встановлювали шляхом проведення серії досліджень і визначення вмісту редукувальних речовин (РР) у гідролізатах картопляної мезги.

Діапазон дозування α -амілази був обраний з врахуванням попередніх досліджень. Внесення даного ФП у кількості 5 Ам. од./г СР не дає покращення показників у порівнянні з дозуванням 3 Ам. од./г СР, при цьому вміст РР становив 4,16 % до СР. Додавання α -амілази у кількості 1 і 2 Ам. од./г СР призводить до утворення РР, відповідно, 1,2% та 0,8 %, тобто гідроліз крохмалю проходить недостатньо ефективно.

За допомогою скануючої електронної мікроскопії (рис. 4) показано зменшення вмісту крохмалю у картопляній меззі при використанні бактеріальної α -амілази (АМ ФП) на етапі попереднього оброблення сировини у порівнянні зі схемою кислотно-термічного гідролізу.

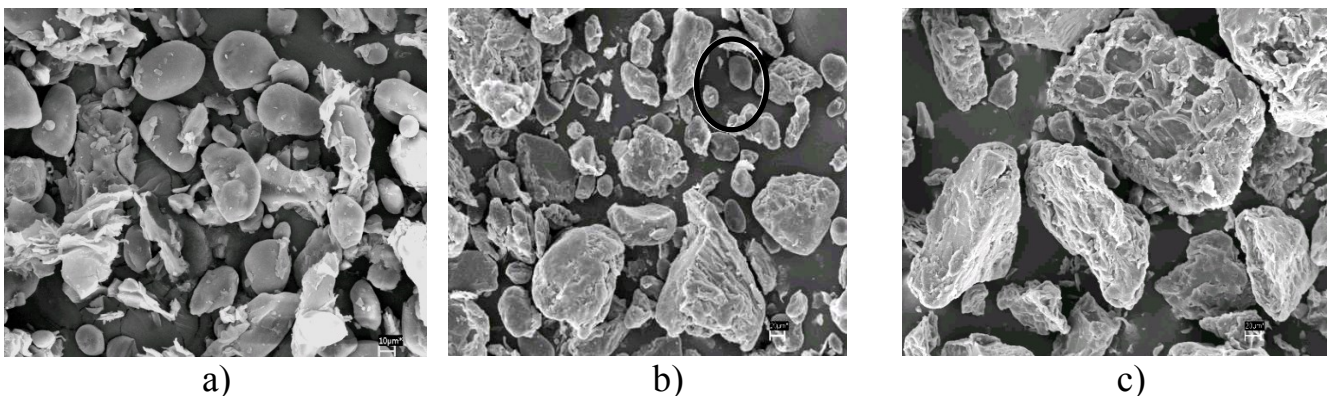


Рисунок 4 – Електронні скануючі мікрофотографії картопляної мезги:
 а) – після вилучення крохмалю (роздільна здатність 10 нм);
 б) – після кислотно-термічного гідролізу (роздільна здатність 20 нм);
 с) – після ферментативного гідролізу АМ ФП (роздільна здатність 20 нм)

Таким чином, встановлено, що використання амілолітичних ферментів для оброблення картопляної мезги дозволить уникнути гідролітичного розщеплення «зв'язаного» крохмалю на етапі кислотно-термічного гідролізу мезги і переходу декстринів у пектиновий екстракт, тобто дозволить підвищити чистоту отриманого пектину.

У четвертому розділі «Дослідження структури та фізико-хімічних властивостей картопляного пектину» наведено аналіз фізико-хімічних властивостей картопляного пектину в залежності від умов його отримання.

Фізико-хімічні показники картопляного пектину, вилученого різними способами наведено у таблиці 1 (опис зразків наведено у другому розділі).

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники картопляного пектину

Показники	Зразок 1	Зразок 4	Зразок 5	Зразок 6
Вміст золи, %	1,20±0,1	2,40±0,1	1,40±0,1	0,95±0,1
pH 1% р-ну пектину	2,94±0,2	3,90±0,3	3,24±0,2	4,5±0,05
Масова частка баластних сполук, %	13,30±0,5	6,70±0,5	7,28±0,5	5,43±0,1
Вміст вільних карбоксильних груп, %	0,85±0,1	5,26±0,1	4,62±0,1	4,05±0,05
Вміст етерифікованих карбоксильних груп, %	0,72±0,05	4,80±0,1	5,65±0,1	6,75±0,05
Уронідна складова, %	27,4±0,1	41,10±0,5	42±0,5	62,5±0,5
Ступінь етерифікації, %	45,86±0,1	47,70±0,1	55,0±0,1	44,5±0,1
Комплексоутворювальна здатність, Pb ²⁺ мг/г	104,0±0,5	310,0 ±0,5	83,0±0,5	325,0±0,1

Застосування ФП амілолітичної дії призводить до збільшення уронідної складової пектину у порівнянні з контролем в 1,5 рази. Вперше досліджено комплексоутворювальну здатність картопляного пектину. Найбільшу комплексоутворювальну здатність – 310 Pb²⁺ мг/г – має зразок 4, при виготовленні якого сировину піддавали обробленню α -амілазою. Для порівняння, комплексоутворювальна здатність яблучного пектину 312,3 Pb²⁺ мг/г.

При гідролізі рослинної сировини одночасно із пектиновими речовинами в екстракт переходять й інші речовини (білкові сполуки, крохмаль), які осаджуються етанолом разом з пектином. Зважаючи на це, дослідження структури пектину, вилученого різними способами є актуальним, оскільки від вмісту баластних речовин і уронідної складової залежать фізико-хімічні та технологічні властивості пектину.

Шляхом порівняння ІЧ-спектрів проведено аналіз структури зразків картопляного пектину, вилучених за різних умов, та зразків бурякового, яблучного та цитрусового пектинів, а також картопляного крохмалю.

Встановлено, що в усіх зразках пектину наявні смуги, що характерні для пектинових речовин. Особливо важливою для ідентифікації пектину є чітка смуга в області 1750-1735 см⁻¹. Інтенсивність та ширина смуг різна для кожного пектину, що свідчить про різний ступінь етерифікації.

Наявність смуги в області 1640 см⁻¹ у спектрах зразків підтверджує наявність іонізованих карбонільних і карбоксильних груп, причому найбільша їх кількість у картопляного пектину. При аналізі спектрів пектинів можна зробити висновок, що вони містять велику кількість галактуронової кислоти (інтенсивні смуги поглинання в області 1010-1150 см⁻¹), а піки в зоні 1200-950 см⁻¹ відповідають коливанням «скелету» молекули пектину.

Для встановлення моносахаридного складу картопляного пектину було знято ІЧ-спектри сахаридів: рамнози, арабінози, галактози, маннози, ксилози та глюкози. На основі експериментальних даних доведено, що до складу картопляного пектину окрім відомих моносахаридів (рамнози, галактози, арабінози), входять також у невеликій кількості манноза та ксилоза. Відхилення максимумів піків до 10 см⁻¹.

Зміни в структурі картопляного пектину, отриманого різними способами,

досліджували методом рентгенофазового аналізу та проводили порівняння з картопляним крохмалем (рис. 5). Відомо, що пектиновим речовинам не притаманна впорядкованість структури (кристалічність), тому наявність піків на рентгенограмах пектинів свідчить про присутність залишків крохмалю у зразках. У першого зразка картопляного пектину, що вилучали без використання ферментів, кількість піків рефлексії найбільша ($7,52^\circ$, $13,13^\circ$, $17,17^\circ$, $20,17^\circ$), що вказує на достатньо високий вміст крохмалю, якому притаманна кристалічність структури типу В.

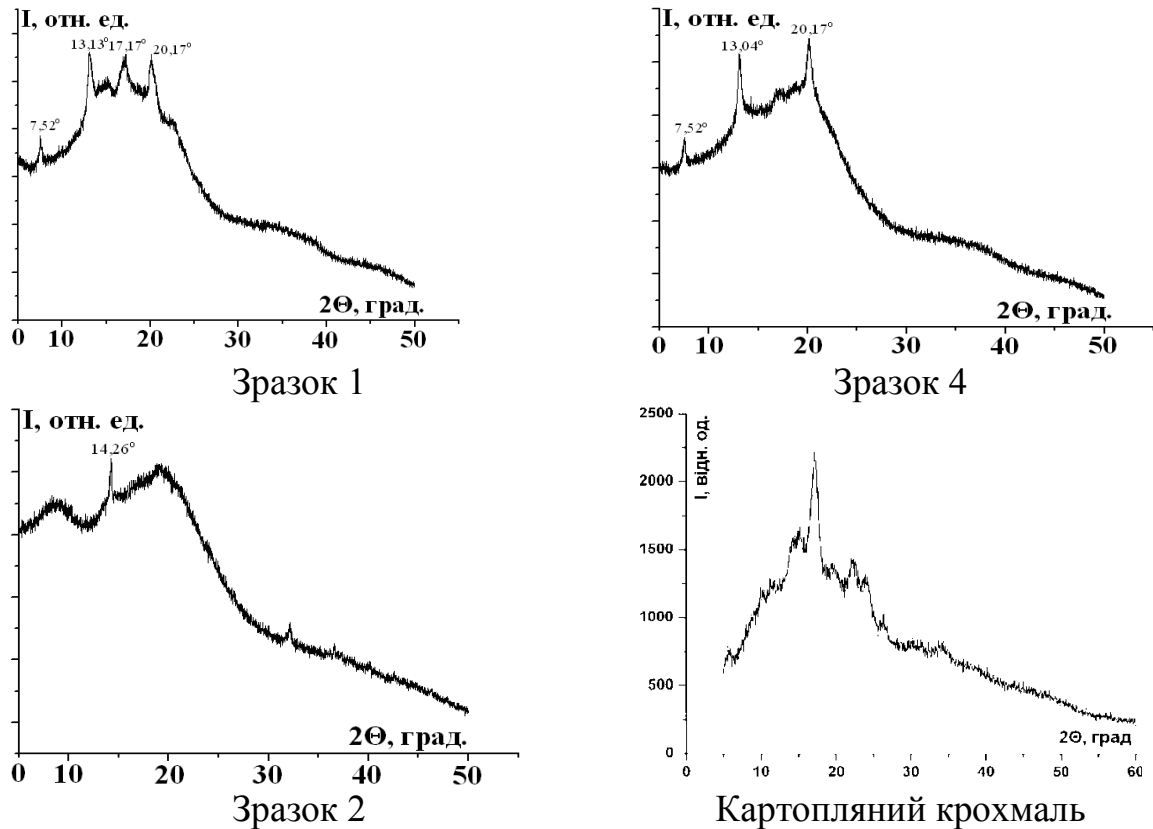


Рисунок 5 – Дифрактограми картопляного пектину та крохмалю

При використанні ферментів (зразки 2, 4) кількість рефлексій і, відповідно, кристалічність пектину зменшується за рахунок гідролізу співсадженого крохмалю, а пектин стає більш аморфним. На дифрактограмі нативного картопляного крохмалю присутні 2 основних піки рефлексій $17,2$ і $22,2$ град.

Однією з важливих властивостей пектину є його сорбційна здатність. Для оцінки сорбційних характеристик пектину застосовують метод побудови ізотерм сорбції-десорбції за допомогою сорбційно-вакуумної установки Мак-Бена. Шляхом аналізу ізотерм сорбції-десорбції водяної пари різних зразків картопляного пектину, встановлено, що він є хорошим сорбентом. Ізотерми адсорбції мають S-подібну форму, що характерно для полімолекулярної адсорбції, при якій відбувається взаємодія парів води і адсорбенту з утворенням полімолекулярних шарів. На ізотермах всіх зразків є гістерезис, поява якого вказує на те, що досліджувана система є тонкопористою.

Гідратаційна здатність пектину залежить від його хімічного складу, молекулярної маси, взаємного просторового розташування окремих ланцюгів,

дисперсності, пористості та інших факторів. Слід зауважити, що для більшості зразків, кількість адсорбованої води у другій зоні менша в порівнянні з першою (крім другого зразка) (табл. 2). Найбільша кількість води адсорбується усіма зразками пектину в третій зоні.

Найбільшу здатність адсорбувати вологу в гігроскопічному стані (при $a_m = 1,00$) має зразок №5, отриманий з використанням ферментів, (25,2 ммоль / г); зразки №2 і №4 мають приблизно однакові значення 22,82 і 23,8 ммоль/г відповідно. Найменшу гідрофільність має зразок №1, що можна пояснити підвищеним вмістом баластних сполук.

Таблиця 2 – Кількість адсорбованої води зразками картопляного пектину

Зразок	Кількість адсорбованої води, ммоль/г				
	I зона, a_m	II зона, a_m	III зона, a_m	Загальна кількість	Залишкова волога після десорбції, $a_{ост}$ ммоль/г
1	4,40	4,35	8,30	17,05	0,84
2	4,20	4,84	13,78	22,82	1,00
3	4,30	3,27	11,57	19,14	1,16
4	5,60	5,11	13,10	23,80	0,31
5	5,60	4,20	15,40	25,20	0,61

Найбільшу гідратаційну здатність мають зразки пектину, отримані при використанні ферментів целюлази та амілази на різних етапах процесу. Кількість адсорбованої води становить від 17 до 25 %, а наявність великої кількості мезопор дає можливість рекомендувати даний пектин в якості інкапсулюючого агента для різних низькомолекулярних речовин.

Для покращення структурно-механічних властивостей, драглеутворювальної здатності та підвищення частки уронідної складової картопляного пектину проведено дослідження гідролізу-екстрагування сумішшю картопляної мезги з додаванням гарбузової та цитрусової сировини і отримано зразки комбінованого пектину. Для дослідження впливу рН на вихід пектину проведено серію дослідів при співвідношенні сировини картопляна мезга : цитрусові вичавки як 60:40 за рН 1,0; 1,3; 1,6 та 2,0 при гідромодулі 1:10 (рис. 6).

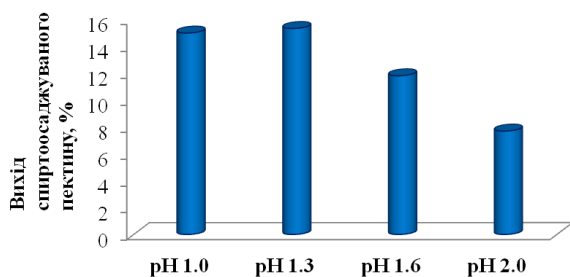


Рисунок 6 – Вплив рН на вихід картопляно-цитрусового пектину

В результаті проведених досліджень отримано пектини з комбінованої сировини та встановлено оптимальні технологічні параметри: співвідношення картопляної мезги до цитрусових вичавок та картопляної мезги до гарбузового жому – 50:50, процес гідролізу-екстрагування проводити у два етапи: перший – за участю целюлаз

при температурі 50 °С, рН 5,5...6,0 протягом 1,0...1,5 год, додаючи ФП у кількості 9...10 ЦдА.од/г СР при гідромодулі 1:8...10, а кислотно-термічний гідроліз-

екстрагування проводити в присутності хлоридної кислоти за температури 72...75°C, рН гідролісної суміші 1,3...1,5 протягом 70...75 хв. Досліджено фізико-хімічні властивості отриманих пектинів (табл. 3). З отриманих даних видно, що пектин, отриманий з комбінованої картопляно-гарбузової сировини має властивості більш подібні до гарбузового пектину. Отримані зразки комбінованого пектину відрізняються задовільною комплексоутворювальною і високою драглеутворювальною здатністю.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники пектину

Фізико-хімічні показники пектину	Картопляний	Цитрусовий	Гарбузовий	Картопляно-гарбузовий	Картопляно-цитрусовий
Вихід, %	13,0±0,2	21,3±0,5	13,3±0,2	13,50±0,5	17,3±0,1
Масова частка баластних сполук, %	6,70±0,2	31,7±0,2	9,80±0,1	8,80±0,10	12,0±0,5
Вміст вільних карбоксильних груп, %	5,26±0,5	7,45±0,2	3,6±0,1	3,60±0,10	4,0±0,5
Вміст етерифікованих карбоксильних груп, %	4,80±0,5	19,65±0,1	14,3±0,2	14,23±0,5	8,75±0,5
Загальний вміст карбоксильних груп, %	10,06±0,5	27,0±0,1	17,9±0,3	17,83±0,5	12,75±0,5
Уронідна складова, %	41,1±0,5	68,30±0,5	69,4±0,5	74,0±0,5	63,0±0,2
Ступінь етерифікації, %	47,7±1,0	73,0±1,5	80,01±1,0	79,0±1,0	70,9±1,0

Встановлено, що шляхом комбінування картопляної мезги з іншими видами сировини і зміною умов гідролізу можна збільшити вихід пектину і регулювати його фізико-хімічні властивості. Висока уронідна складова пектину (60...74 %), ступінь етерифікації понад 70 %, висока драглеутворювальна і задовільна комплексоутворювальна здатність дозволяє рекомендувати комбіновані пектини до застосування в оздоровчо-профілактичних продуктах. Поєднання гарбузової і цитрусової сировини з картопляною мезгою дозволяє отримати нові види пектину з відмінними властивостями і більш ефективно використати вторинні сировинні ресурси.

У п'ятому розділі «Розроблення безвідходної технології з картопляної мезги» представлено розроблену технологію пектину з вторинної картопляної сировини, що базується на попередньому обробленні сировини послідовно целюлолітичними та амілолітичними ФП з подальшим кислотно-термічним гідролізом при дотриманні певних технологічних умов.

Наведено апаратно-технологічну схему виробництва сухого картопляного пектину з поєднанням ферментативного та кислотного-термічного гідролізу сировини (рис.7).

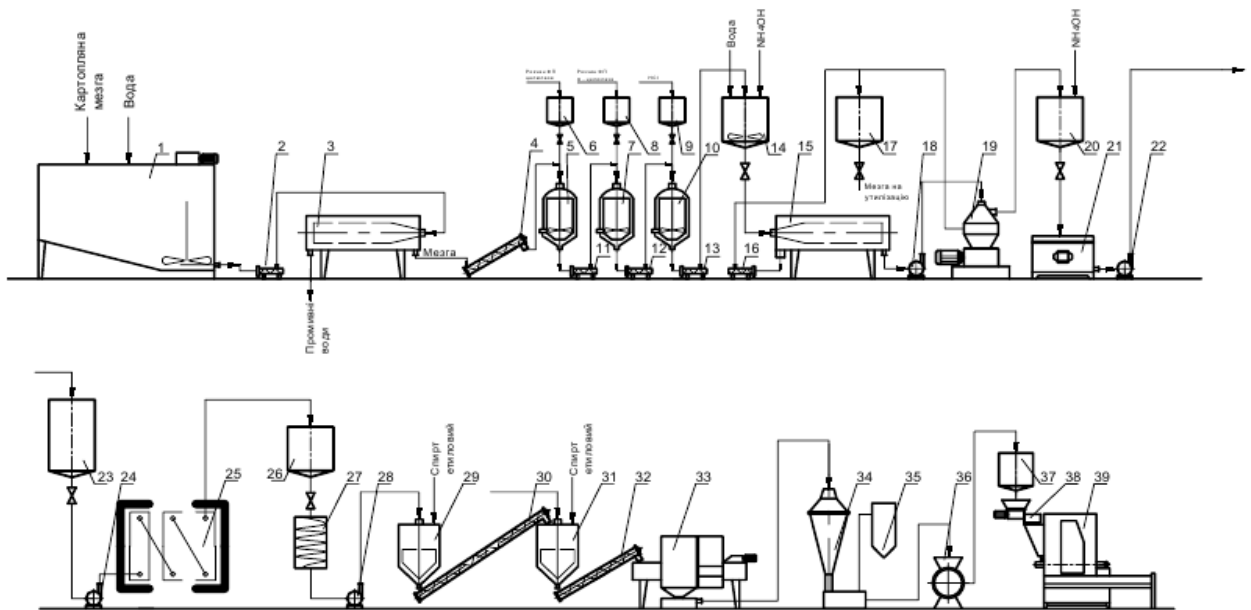


Рисунок 7 – Апаратно-технологічна схема виробництва картопляного пектину:
 1 – збірник для мезги; 2, 11, 12, 13, 16 – гвинтові насоси; 3, 15 – осаджувальні центрифуги; 4, 30, 32 – шнеки; 5, 7, 10 – гідролізатори; 6 – збірник ФП целюлази; 8 – збірник ФП α -амілази; 9 – збірник хлоридної кислоти; 14, 20, 23, 26 – збірники пектинового екстракту; 17 – збірник знепектиненої мезги; 18, 22, 24, 28 – насоси; 19 – сепаратор; 21 – кізельгуровий фільтр; 25 – ультрафільтраційна установка; 27 – теплообмінник; 29, 31 – коагулятор; 33 – прес; 34 – роторна сушарка; 35 – спиртоуловлювач; 36 – дробарка; 38 – просіювач; 39 – пакувальний автомат.

Розроблена схема виробництва картопляного пектину була апробована на підприємстві ПБП «Вимал», яке спеціалізується на виробництві картопляного крохмалю. Розроблено проект науково-технічної документації на картопляний пектин (ТУ, ТІ).

Згідно техніко-економічних розрахунків організація виробництва пектину з мезги на картоплекрохмальному підприємстві потужністю 200 т картоплі на добу дає можливість отримувати понад 80 т товарного пектину на рік, що за умови прийнятої рентабельності 30 % може забезпечити прибуток підприємству близько 2933473.98 грн. на рік. Термін окупності капітальних вкладень становить 2,4 роки. При цьому роздрібна ціна на картопляний пектин буде становити 211.3 грн. за кг, що значно нижче за ціну імпортного пектину, яка становить 600...100 грн за кг (на лютий 2017 р.).

З метою створення маловідходного виробництва розглянуто можливість переробки прогідролізованої картопляної мезги після вилучення пектину на картопляний порошок. Було досліджено фізико-хімічні властивості порошоків, отриманих різними способами, а саме здатність до набухання, зв'язування вологи та реологічні характеристики. Встановлено, що кращу здатність до набухання має

порошок, отриманий із прогідролізованої мезги порівняно з нативною мезгою. Це пояснюється тим, що в процесі кислотного-термічного гідролізу картопляної сировини відбувається гідролітичне розщеплення протопектину, частково целюлози, а також крохмалю, внаслідок чого в меззі значно збільшується кількість гідрофільних груп.

Результати досліджень дають можливість рекомендувати отримані порошки для виготовлення продуктів харчування.

У «Додатках» представлені інформаційні таблиці, дані про розроблені патенти, акти та протоколи впровадження на підприємстві крохмальної промисловості.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу і узагальнення даних теоретичних та експериментальних досліджень процесу гідролізу-екстрагування картопляної мезги, оптимізації технологічних параметрів, вивчення фізико-хімічних властивостей картопляного пектину розроблено ефективну ресурсозберігаючу технологію пектину з вторинної картопляної сировини.

1. На основі експериментальних досліджень кінетики гідролізу-екстрагування картопляного пектину в присутності хлоридної кислоти за різних технологічних умов встановлено, що на константу швидкості реакції гідролізу протопектину значною мірою впливає температура і рН середовища. Проведення процесу при рН середовища 1,6 за температур 70 і 80 °С призводить до найбільшого накопичення пектину у екстракті.

2. Розроблена математична модель процесу гідролізу картопляної мезги в присутності хлоридної кислоти з достатньою достовірністю дозволяє прогнозувати вихід спиртоосаджуваного пектину залежно від технологічних умов гідролізу. За допомогою математичної моделі розраховано раціональні параметри процесу: температура 75 °С, 1,45 % HCl у гідролізній масі; тривалість гідролізу 70 хвилин.

3. Встановлено, що підвищення виходу і уронідної складової пектину та покращення його фізико-хімічних властивостей можна досягти шляхом проведення попереднього оброблення картопляної мезги ФП целюлази у кількості 9 ЦдА од./г СР за температури 50 °С, рН 6,0 протягом 3 год. і бактеріальної α -амілази у кількості 3 Ам.од./г СР при температурі 70...72 °С, рН 6,0 протягом 40 хв з наступною стадією кислотного-термічного гідролізу за визначених оптимальних умов. На даний спосіб отримано патент України на винахід № 114384.

4. Вперше визначено фізико-хімічні властивості картопляного пектину. Встановлено, що ступень етерифікації на рівні 44...49 % дозволяє відносити картопляний пектин до низькоетерифікованого. На основі вивчення ІЧ-спектрів картопляного та інших видів пектину, а також спектрів моносахаридів було встановлено, що до складу картопляного пектину, окрім рамнози, арабінози та галактози входить манноза та ксилоза.

5. Встановлено, що картопляний пектин, вилучений в присутності ферментних препаратів має вищу сорбційну здатність по відношенню до води, у порівнянні з картопляним пектином, вилученим кислотним-термічним способом. Визначено, що картопляний пектин має комплексоутворювальну здатність 310 Pb²⁺ мг/г, що вказує на можливість його використання у продуктах харчування

оздоровчого призначення в якості ентеросорбенту.

6. Розроблено спосіб варіювання властивостей пектину шляхом комбінування картопляної мезги з іншими видами сировини. Використання картопляно-цитрусової і картопляно-гарбузової сировини у співвідношенні 50:50 є оптимальним для отримання пектину з уронідною складовою 60...74 %, ступенем етерифікації понад 70 % і високою драглеутворювальною здатністю. Встановлено, що зміною технологічних параметрів гідролізу та співвідношення різної рослинної сировини можна отримувати пектини з прогнозованим комплексом властивостей. На спосіб отримання пектину з комбінованої сировини отримано патент на корисну модель №112392.

7. Розроблена технологія картопляного пектину була апробована на підприємстві ПБП «Вимал», яке спеціалізується на переробленні картоплі на крохмаль. Дослідно-промислові випробування розробленої технології підтвердили її ефективність і можливість налагодження виробництва цінного продукту – пектину з відходу картоплекрохмального виробництва – мезги. Розроблено проект ТУ та ТІ на виготовлення картопляного пектину.

8. Техніко-економічні розрахунки показали, що при організації виробництва пектину з мезги на картоплекрохмальному підприємстві потужністю 200 т картоплі на добу можливо отримувати понад 80 т товарного пектину на рік, що за умови прийнятої рентабельності 30 % буде приносити прибуток підприємству 2933473.98 грн. на рік. Термін окупності капітальних вкладень становить 2,4 роки. При цьому роздрібна ціна на картопляний пектин буде становити 211,3 грн. за кг (на лютий 2017 р.), що значно нижче за ціну імпортного пектину.

9. Встановлено, що картопляний порошок, отриманий з мезги після гідролізу-екстрагування, відокремлення пектинового екстракту, нейтралізації, промивання та висушування, завдяки високому вмісту харчових волокон і значній гідратаційній здатності може бути рекомендований до використання у продуктах харчування.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Пастух ГС, Грабовська ОВ, Мірошник ВО. Одержання пектину з картоплі та дослідження його структури. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2013 Лип;12(75):128-35.

2. Пастух ГС, Грабовська ОВ, Мірошник ВО. Оптимізація технологічних параметрів вилучення пектину з картоплі. Наукові праці НУХТ. 2013 Квіт;51:87-93. **(Україна, наукометрична база РИНЦ)**

3. Грабовська ОВ, Пастух ГС, Моїсеєва ВО. Отримання пектиновмісних порошоків з вторинної картопляної сировини. Цукор України. 2014 Груд;12(108):36-9.

4. Hrabovska O, Pastukh H, Moiseeva V, Miroshnyk V. Potato pectin: extract methods, physical and chemical properties and structural features. Ukrainian Food Journal. 2015 Jan;4(1):7-13. **(Україна, наукометричні бази Google Scholar, Index Copernicus).**

5. Пастух ГС, Грабовська ОВ, Макаренко ОГ. Спектроскопічне дослідження картопляного пектину. Цукор України. 2015 Лис;11-12(119-120):10-4.

6. Hrabovska O, Pastukh H, Demenyuk O, Miroshnyk V, Halatenko T, Babii A, et

al. Kinetics of hydrolysis-extraction of pectin substances from the potato raw materials. Ukrainian Food Journal. 2015 Apr;4(4):596-604. (Україна, наукометричні бази, Google Scholar, Index Copernicus).

7. Пастух АС, Грабовская ЕВ, Литвяк ВВ. Сорбционные свойства пектинов, полученных из картофельного сырья. Пищевая промышленность: наука и технологии. Научно-технический журнал. 2016;3(33):78-85. (Республіка Білорусь).

8. Грабовська ОВ, Пастух ГС, Штангеева НІ, Галатенко ТО, Бабій АМ. Одержання пектину з овочевої сировини та дослідження його властивостей. Цукор України. 2016 Груд;11/12(131/132):47-51.

Тези доповідей та матеріали конференцій

9. Пастух ГС. Дослідження технологічних умов вилучення пектину з картоплі. Матеріали 79 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті; 2013 Квіт 15-16; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2013, с. 287-9.

10. Pastuh H, Hrabovska O. The investigation of technological conditions of pectin withdrawal from potato and study of its structure. Матеріали Другого Північно- та Східно-Європейського Конгресу з Харчової Науки (NEEFood-2013); 2013 Трав 27-29; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2013, с. 272.

11. Пастух Г, Грицай Ю, Грабовська О. Дослідження кінетики гідролізу-екстрагування пектинових речовин картопляної. Матеріали 80 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті; 2014 Квіт 10-11; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2014, с. 294-5.

12. Пастух ГС, Грабовська ОВ. Картопляна мезга як джерело харчових волокон для функціональних продуктів харчування. Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. вчених, аспірантів і студентів Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства; 2014 Трав 15-16; Київ. Київ: Націон. ун-т біоресурс. і природокористування; 2014, с. 140-1.

13. Пастух АС, Грабовская ЕВ. Гидролиз-экстрагирование пектиновых веществ из вторичного сырья картофелекрахмального производства. Материалы XIII Междунар. научн.-практ. конф. Инновационные технологии в пищевой промышленности; 2014 Окт 1-2; Минск. Минск: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; 2014, с. 141-4.

14. Грабовская ЕВ, Пастух АС. Исследование структуры картофельного пектина с помощью ИК-спектроскопии. Материалы научной конференция с междунар. уч. Хранительна наука, техника и технологии; 2014 Окт 24-25; Пловдив. Пловдив: Университет по хранителии технологии; 2014, с. 381-3.

15. Пастух ГС, Грабовська ОВ. Одержання картопляного порошку та дослідження його фізико-хімічних властивостей. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Актуальні проблеми хімії і хімічної технології; 2014 Лист 20-21; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2014, с. 285-6.

16. Пастух ГС, Грабовська ОВ. Сорбційна здатність картопляного пектину по відношенню до іонів Pb^{2+} . Матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф. Харчові технології, хлібопродукти і комбікорми 2015; Одеса. Одеса: Одес. націон. акад.

харчових технологій; 2015, с. 114-6.

17. Пастух ГС, Моїсеєва ВО, Грабовська ОВ. Використання целюлолітичних ферментів для вилучення пектину з картопляної сировини. Матеріали 81 Міжнарод. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті; 2015 Квіт 23-24; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2015, с. 194.

18. Пастух АС, Грабовская ЕВ. Влияние ферментных препаратов на выход и чистоту картофельного пектина. Материалы XIV Междунар. научн.-практ. конф. Инновационные технологии в пищевой промышленности; 2015 Окт 8-9; Минск. Минск: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; 2015, с. 54-6.

19. Грабовская ЕВ, Пастух АС. Исследование сорбционных характеристик картофельного пектина, полученного при разных условиях. Материалы науч. конф. с международ. уч. Хранительна наука, техника и технологии; 2015 Окт 24-25; Пловдив. Пловдив: Университет по хранителни технологии; 2015, с. 347-51.

20. Грабовська ОВ, Пастух ГС. Спектроскопічне дослідження картопляного пектину. Матеріали II Міжнарод. наук.-практ. конф. Якість і безпека харчових продуктів; 2015 Лист 12-13; Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2015, с. 262-4.

21. Пастух ГС, Грабовська ОВ, Галатенко ТО, Бабій АМ, Добридняк АС. Дослідження технологічних умов отримання пектину з комбінованої сировини. Матеріали IV Міжнар. наук.-тех. конф. молодих учених та студентів Актуальні задачі сучасних технологій; 2015 Лист 25-27; Тернопіль. Тернопіль: ТНТУ; 2015, с. 153-4.

22. Пастух ГС, Грабовська ОВ. Рентгенофазовий аналіз картопляного пектину. Матеріали 82 Міжнарод. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті; 2016 Квіт 13-14. Київ. Київ: Націон. ун-т харчових технологій; 2016, с. 206.

23. Pastuh H, Hrabovska O. Research of the hydrolysis-extraction of pectin substances from the potato raw materials. 8 th Central European Congress on Food 2016 – Food Science for Well-being (CEFood 2016); 2016 May 23-26; Kyiv. Kyiv: Nation. University of food science; 2016, p. 34.

24. Грабовская ЕВ, Пастух АС, Добрыдняк АС, Бабий АН, Галатенко ТА. Способ получения пектина из комбинированного растительного сырья. Материалы XV Междунар. научн.-практ. конф. Инновационные технологии в пищевой промышленности; 2016 Окт 5-6; Минск. Минск: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; 2016, с. 11-2.

Патенти

25. Грабовська ОВ, Пастух ГС, Кушнір ОВ, винахідники; Національний університет харчових технологій МОН України, патентовласник. Спосіб отримання пектину з вторинної сировини. Патент України на корисну модель № 114795. 2016 Бер 27.

26. Грабовська ОВ, Пастух ГС, Добридняк АС, Бабій АМ, Галатенко ТО, винахідники; Національний університет харчових технологій МОН України, патентовласник. Спосіб отримання пектину з комбінованої сировини. Патент

України на корисну модель № 112392. 2016 Груд 12.

27. Грабовська ОВ, Пастух ГС, Кушнір ОВ, винахідники; Національний університет харчових технологій МОН України, патентовласник. Спосіб отримання пектину з вторинної картопляної сировини. Патент України на винахід № 114384. 2017 Трав 25.

Особистий внесок здобувача: проведення літературного пошуку та експериментальних досліджень, аналіз та узагальнення результатів досліджень, підготовка матеріалів до публікації [1-25]; проведення патентного пошуку, розроблення патенту, підготовка матеріалів до патентування [25-27].

АНОТАЦІЯ

Пастух Г.С. «Розроблення технології пектину з вторинної картопляної сировини». – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2018.

Дисертаційна робота присвячена розробленню технології пектину з картопляної мезги – відходу картоплекрохмального виробництва. Реалізація технології дозволить покращити екологічну ситуацію в регіоні, підвищити рентабельність виробництва і отримати цінні продукти, виробництво яких в Україні відсутнє.

На основі оптимізації експериментальних даних встановлено параметри оптимального технологічного режиму вилучення пектину з картопляної мезги.

Досліджено фізико-хімічні властивості картопляного пектину, отриманого різними способами. Розглянуто можливість покращення фізико-хімічних властивостей картопляного пектину шляхом комплексної переробки сумішей картопляної мезги та іншої рослинної вторинної сировини.

Розроблено апаратурно-технологічну схему перероблення картопляної мезги на пектин і картопляний порошок. Технологія картопляного пектину була апробована на підприємстві ПБП «ВИМАЛ» м. Чернігів. Розраховано економічний ефект від впровадження технології.

Ключові слова: картопляна мезга, пектин, гідроліз-екстрагування, гідролізуючий реагент, фермент, комплексоутворювальна здатність, драглеутворювальна здатність.

АННОТАЦИЯ

Пастух А.С. Разработка технологии извлечения пектина из вторичного картофельного сырья. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.18.05 – Технологія сахаристых веществ и продуктов брожения – Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Киев, 2018.

Диссертация посвящена разработке технологии картофельного пектина из отходов картофелекрахмального производства, что позволяет получить пектин с высокими технологическими показателями, уменьшить долю импортного пектина и

увеличить рентабельность производства.

Исследовано содержание пектина в различных сортах картофеля, наиболее распространенных на территории Украины. Показано, что данное растительное сырье содержит в своем составе до 13 % пектиновых веществ. На основе проведенных исследований определен эффективный гидролитический реагент для гидролиза протопектина картофельной мезги – соляная кислота. Проведены экспериментальные исследования по изучению кинетики процесса гидролиза-экстрагирования картофельной мезги при различных значениях рН и температуры. Рассчитаны средние значения константы скорости гидролиза при данных условиях для более полного представления о скорости реакции гидролиза протопектина. На основе оптимизации экспериментальных данных установлены параметры оптимального технологического режима извлечения пектина из картофельной мезги: концентрация кислоты рН 1,6, продолжительность гидролиза 72 мин. при температуре 75 °С.

Установлено, что внесение ферментного препарата на этапе предварительной обработки сырья в количестве 0,1 % к массе сухих веществ в сочетании с кислотно-термическим гидролизом мезги, приводит к увеличению выхода спиртоосаждаемого пектина с 7 % до 13 % по сравнению с кислотным способом гидролиза сырья. Применение ферментных препаратов амилолитического действия для обработки картофельной мезги приводит к повышению чистоты пектина (уронидная составляющая) и увеличению его комплексообразующей способности.

С помощью метода ИК-спектроскопии исследовали структуру образцов картофельного пектина, полученных при различных условиях, и образцов пектина из различного растительного сырья.

На основе экспериментальных данных доказано, что в состав картофельного пектина кроме известных моносахаридов (рамнозы, галактозы, арабинозы), входят также в небольшом количестве манноза и ксилоза.

Путем анализа изотерм сорбции-десорбции водяных паров различными образцами картофельного пектина установлено, что картофельный пектин является хорошим сорбентом. Наибольшей гидратационной способностью обладают образцы пектина, полученные при использовании ферментных препаратов целлюлазы и α -амилазы на разных этапах процесса. Количество адсорбированной воды составляет от 17 до 25 %. Наличие большого количества мезопор дает возможность рекомендовать данный пектин в качестве инкапсулирующего агента для низкомолекулярных веществ.

Разработан способ варьирования свойств пектина путем комбинирования картофельной мезги с другими видами сырья. Использование картофеле-цитрусового и картофеле-тыквенного сырья в соотношении 50:50 является оптимальным для получения пектина с уронидной составляющей 60...74 %, степенью этерификации более 70 % и высокой студнеобразующей способностью. Изменением технологических параметров гидролиза и соотношения различного растительного сырья можно получать пектины с прогнозируемым комплексом свойств. На способ получения пектина из комбинированного сырья получен патент на полезную модель №112392.

Установлено, что картофельный порошок, полученный из мезги после

гидролиза-экстрагирования, отделения пектинового экстракта, нейтрализации, промывки и сушки, благодаря высокому содержанию пищевых волокон и значительной гидратационной способности может быть рекомендован к использованию в продуктах питания.

На основе экспериментальных исследований разработана аппаратурно-технологическая схема производства сухого картофельного пектина при комбинировании ферментативного и кислотно-термического гидролиза сырья. Технология картофельного пектина была апробирована на предприятии ЧМП «Вымал» (г. Чернигов). Разработан проект ТУ и ТИ на изготовление картофельного пектина.

Ключевые слова: картофельная мезга, пектин, гидролиз-экстрагирование, гидrolитический реагент, фермент, комплексообразующая способность, студнеобразующая способность.

ANNOTATION

Pastukh H.S. Development of pectin technology from potato secondary raw materials. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

The thesis for the degree of a Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.18.05 – Technology of sugary substances and fermentation products – National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The thesis is devoted to the development of pectin technology from potato pulp – waste of potato starch production. The implementation of the technology will improve the environmental situation in the region, increase the profitability of production and obtain valuable products, the production of which in Ukraine is not available.

On the basis of optimization of experimental data, parameters of the optimal technological regime for pectin extraction from potato pulp are established.

The physico-chemical properties of potato pectin obtained by using different methods have been investigated. The possibility of improving the physico-chemical properties of potato pectin by means of complex processing of mixtures of potato pulp and other vegetable secondary raw materials is considered.

A hardware-technological scheme for processing potato pulp for pectin and potato powder has been developed. The technology of potato pectin was tested at the enterprise “VIMAL” in Chernigiv. The economic effect from the introduction of technology is calculated.

Key words: secondary raw materials, potato pulp, pectin, hydrolysis extraction, enzyme technological conditions, enzyme preparation, hydrolyzing reagent, complexing ability, drafting ability.