

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ГУЗЕНКО ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 664.29:65.012.12

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНОВОГО
КОНЦЕНТРАТУ ТА ЙОГО АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних
та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України
Дейниченко Григорій Вікторович,
Харківський державний університет
харчування та торгівлі,
завідувач кафедри устаткування
підприємств харчування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мирончук Валерій Григорович,
Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри технологічного обладнання
та комп'ютерних технологій проектування

кандидат технічних наук, доцент
Любавіна Олена Олександрівна,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння

Захист відбудеться «21» травня 2013 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий «19» квітня 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.О. Потапов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з головних напрямків підвищення ефективності сучасних харчових виробництв є створення маловідходних і енергозаощадних процесів, залучення в харчову промисловість вторинних сировинних ресурсів. Виробництво пектинових концентратів (ПК) відповідає цьому завданню, тому що з одного боку, дозволяє залучати в обіг вторинну пектинвмісну сировину – буряковий, яблучний, цитрусовий жом, соняшникові корзинки, а з іншого боку – сприяє виробництву різноманітного асортименту пектинвмісних продуктів.

В останні роки потреба нашої країни в пектинопродуктах (пектинових концентратах) значно перевищує обсяги їх закупівель за кордоном. В Україні на сьогоднішній день виробництво пектинопродуктів відсутнє. Це можна пояснити недосконалістю та неефективністю існуючих процесів виробництва пектинових концентратів та обладнання для їх реалізації, відсутністю науково обґрунтованих ресурсозберігаючих процесів та технологій пектинового виробництва.

Розробкою та удосконаленням процесів виробництва пектинопродуктів займалися такі вітчизняні та іноземні вчені, як Г.Б. Аймухамедова, В.М. Голубєв, Л.В. Донченко, І.А. Ільїна, І.О. Крапивницька, М.П. Купчик, В.Г. Мирончук, Н.П. Шелухіна, А.Г. Taylor, Р. Kooman та інші.

На сьогодні основними етапами процесу одержання пектинових концентратів, що потребують удосконалення, є процеси вилучення пектинових речовин (ПР) з сировини (гідроліз-екстракція) та концентрування і очищення одержаних пектинових екстрактів (ПЕ), що може бути вирішене залученням безпечних екстрагентів (органічних кислот) та баромембранних методів обробки пектинових екстрактів відповідно.

Тому удосконалення процесів одержання пектинових концентратів шляхом комплексного використання кислотної екстракції пектинових речовин та мембранних методів концентрування і очищення пектинових екстрактів є задачею актуальною і своєчасною, вирішення якої дозволить не тільки створити енергозберігаючий процес виробництва пектинових концентратів, але й розробити економічно високоефективне обладнання для його реалізації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до основних напрямків наукових досліджень Харківського державного університету харчування та торгівлі за темами №10-09-12Б (0108U009986) «Удосконалення процесів та обладнання для концентрування харчової сировини з метою створення ресурсозберігаючих технологій», №1-13БО (0113U000156) «Розробка прогресивних енерго- та ресурсоефективних процесів та обладнання для концентрування та сушіння харчової сировини», а також за госпдоговірною тематикою №6-12Д (0112U00804) «Розробка рекомендацій щодо підвищення продуктивності пристрою для екстракції рослинної сировини».

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення процесу виробництва пектинового концентрату та його апаратурне оформлення.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- дослідити процес екстракції ПР з бурякового жому з використанням решітчастого та комбінованого перемішуючого елемента;
- встановити раціональні параметри технологічних режимів процесу екстракції ПР із застосуванням комбінованого перемішуючого елемента;
- дослідити процес ультрафільтраційного (УФ) концентрування та діафільтраційного (ДФ) очищення пектинових екстрактів з використанням мембран типу ПАН в тупиковому режимі та режимі з вібраційним перемішуванням;
- проаналізувати чинники, що впливають на рівень концентраційної поляризації на поверхні мембран в процесі УФ-концентрування та ДФ-очищення ПЕ;
- встановити раціональні параметри технологічних режимів процесу УФ-концентрування та ДФ-очищення пектинових екстрактів з вібраційним перемішуванням вихідної сировини;
- розробити конструкції обладнання для екстракції ПР в лабораторних та промислових умовах;
- здійснити комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень в практику;
- визначити соціальний та економічний ефект одержаних результатів.

Об'єкт дослідження – процес екстракції ПР, баромембранні процеси концентрування і очищення ПЕ.

Предмет дослідження – свіжий та сухий буряковий жом, напівпроникні УФ-мембрани типу ПАН, лабораторні установки для дослідження параметрів процесів екстракції ПР, концентрування та очищення ПЕ, обладнання для процесу екстракції ПР, мембранні модулі з плоскими фільтрувальними елементами, пектиновий екстракт та продукти його мембранної обробки – концентрат і пермеат.

Методи досліджень – об'ємний метод визначення кількості ПР у пектинових екстрактах; стандартні методи визначення характеристик напівпроникних мембран, фізико-хімічних показників сировини та продуктів мембранної обробки; методи визначення драглеутворюючої здатності на приладі Валента, комплексоутворюючої здатності – за взаємодією солей свинцю з молекулами пектину, методи математичної обробки результатів експериментів з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання комбінованого перемішуючого елемента для інтенсифікації процесу екстракції пектинових речовин;

- встановлено вплив температури, гідромодуля та тривалості процесу екстракції пектинвмісної сировини на інтенсивність вилучення ПР із застосуванням комбінованого перемішуючого елемента;

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність мембранних методів обробки пектинових екстрактів у режимі з вібраційним перемішуванням;

- встановлено вплив температури, тиску та тривалості процесу мембранного концентрування та очищення ПЕ на характеристики УФ-мембран типу ПАН;

- запропоновані математичні моделі процесів екстракції ПР, УФ-концентрування ПЕ для визначення раціональних параметрів процесу на основі методів аналізу розмірностей та методу планування експериментів;

- визначено раціональні параметри і режими процесів екстракції ПР та УФ-концентрування і очищення ПЕ;

- встановлено фізико-хімічні показники якості кінцевого продукту – ПК – за різних параметрів процесів обробки пектинвмісної сировини.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- інтенсифікації процесів екстракції ПР, мембранної обробки ПЕ та виборі раціональних параметрів одержання ПК на технологічних стадіях його виробництва;

- розробці лабораторної установки для дослідження процесу екстракції рослинної сировини;

- застосуванні вібраційного перемішування з метою усунення гель-шару на селективній поверхні напівпроникних мембран в процесі УФ-концентрування та ДФ-очищення ПЕ;

- визначенні впливу вібраційного перемішування на продуктивність напівпроникних мембран типу ПАН за баромембранної обробки ПЕ;

- розробці конструкції пристрою для екстракції рослинної сировини з турбулізуючими елементами в промислових умовах;

- створенні проектної документації на пристрій для екстракції рослинної сировини ПЕРС-1;

- розробці принципової схеми технологічної лінії для виробництва сухих пектинових концентратів (пектину) з використанням розробленого обладнання.

На технічні рішення, що запропоновані в дисертаційній роботі, отримано 3 патенти України на корисну модель.

Реалізація результатів роботи. Впроваджено «Рекомендації щодо підвищення продуктивності пристрою для екстракції рослинної сировини» у виробничих умовах ФО-П Тридуб М.О. (акт від 17.05.2012 р.). Проектна документація на пристрій для екстракції рослинної сировини ПЕРС-1 передана для впровадження в селянсько-фермерське господарство «Чайка» Чаплинського району Херсонської області (акт від 15.05.2012 р.). Результати роботи впроваджено у навчальний процес ХДУХТ (акти від 13.12.2010 р., 18.04.2011 р., 30.01.2012 р.).

Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дослідження складає 2056,2 тис. грн/рік.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні аналізу сучасного стану існуючих процесів пектинового виробництва, постановці і проведенні наукових експериментів та обробці їх результатів, формулюванні висновків, прийнятті участі в випробуваннях дослідно-експериментальних зразків екстракційного та мембранного обладнання, підготовці матеріалів до публікацій, проведенні патентного пошуку та оформленні заявок на корисні моделі.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації і результати досліджень доповідались, обговорювались і були схвалені на: Всеукраїнській науковій конференції студентів і наукової молоді «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі» (м. Харків, 2009-2012 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, 2010-2012 рр.); Науковій міжнародній конференції наукової молоді і студентів «Сучасні проблеми легкої і харчової промисловості» (м. Луганськ, 2010 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі» (м. Харків, 2010 р.); 77-й та 78-й наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» (м. Київ, 2011-2012 рр.); I Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми харчової промисловості та підготовки кадрів для галузі» (м. Луганськ, 2011 р.); VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Техника и технология пищевых производств» (м. Могильов, 2011 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку» (м. Донецьк-Святогірськ, 2011 р.); Міжвузівському науково-практичному семінарі Полтавського університету економіки і торгівлі «Нові технології і обладнання харчових виробництв» (м. Полтава, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та обладнання харчових виробництв» (м. Тернопіль, 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальные вопросы современной науки» (м. Курськ, 2012 р.); Внутрішньовузівській науково-практичній конференції з регіональною участю «Молодые ученые – науке и производству» (м. Саратов, 2012 р.).

Конструкції обладнання, розробленого для процесу екстракції ПР, демонструвались та отримали схвалення на: Міжнародній виставці «Енергія зростання» в рамках Міжнародного форуму «Інновації. Інвестиції. Харківські ініціативи» та Великого Слобожанського ярмарку (м. Харків, 2010 р.); презентаційно-виставковому заході «Дні Московської області у Харкові» (м. Харків, 2010 р.); Міжрегіональній спеціалізованій виставці «Освіта Слобожанщини» (м. Харків, 2011, 2012 рр.); 1-й спеціалізованій виставці «Харчова індустрія» (м. Харків, 2011 р.); Міжнародній виставці «Продукты питания. Фестиваль напитков. Ресторанный бизнес. Технологии и

оборудование» (м. Харків, 2012 р.); виставці наукових розробок в межах науково-практичного форуму «Наука і бізнес – основа розвитку економіки» (м. Дніпропетровськ, 2012 р.); виставці наукових досліджень Харківської державного університету харчування та торгівлі в рамках Міжнародної науково-практичної конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, 2012 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 7 статей у затверджених наукових фахових виданнях, 3 патенти України на корисну модель, 9 тез доповідей та матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 166 найменувань (з них 17 іноземних), і дев'яти додатків. Обсяг основної частини роботи становить 156 сторінок, вона містить 35 рисунків, 18 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано етапи вирішення завдання удосконалення процесів екстракції пектинових речовин, мембранної обробки пектинових екстрактів та вибору раціональних параметрів одержання пектинових концентратів на технологічних стадіях їх виробництва. Сформульовано мету та задачі дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію та впровадження отриманих результатів, публікації автора за темою дисертаційної роботи, її структуру та обсяг.

У **першому розділі** «Аналіз процесів екстракції, концентрування, очистки пектинових речовин з рослинної сировини та обладнання для їх реалізації» проаналізовано сучасний стан процесу екстракції пектинових речовин з пектинвмісної рослинної сировини та встановлено, що він має складний фізико-хімічний характер. Визначено, що сучасні методи екстракції пектинових речовин мають низку істотних недоліків, що пояснюються недосконалістю обґрунтування режимів проведення процесу та перешкоджають їх широкому впровадженню в промисловість.

Встановлено, що якість процесу екстракції з максимальним вилученням цільової речовини залежить від застосування ефективного обладнання. В той же час, відомості про характеристики сучасних екстракційних установок мають обмежений характер, а існуюче екстракційне обладнання не дозволяє отримувати пектинові екстракти високої якості.

Доведено, що застосування баромембранних процесів у виробництві пектинового концентрату дозволить спростити процеси концентрування та очистки пектинового екстракту і надасть можливість отримувати пектиновий концентрат високої якості без суттєвих матеріальних витрат.

Для здійснення процесів концентрування та очистки пектинових екстрактів перспективним є використання мембранного обладнання з плоскими

фільтрувальними елементами. В той же час, відомо, що ефективність експлуатації мембранних установок значно знижує утворення гель-шару високомолекулярних речовин на поверхні напівпроникних мембран. Це свідчить про необхідність використання в мембранних апаратах спеціальних конструктивних заходів для запобігання утворення гель-шару на поверхні мембрани.

Таким чином, удосконалення процесу виробництва пектинового концентрату шляхом підвищення ефективності екстракції ПР з подальшим застосуванням баромембранних процесів обробки ПЕ є актуальним завданням, що потребує негайного вирішення.

У другому розділі «Об'єкти, матеріали та методи досліджень» наведено організаційні, методологічні, технічні аспекти виконаних досліджень. Для дослідження процесу екстракції ПР було створено експериментальну установку з комбінованим перемішувачим елементом (рис. 1).

Мембранну обробку ПЕ проводили на модернізованому мембранному модулі з вібраційним перемішуванням рідини, що розділяється, з використанням напівпроникних УФ-мембран другого покоління типу ПАН.

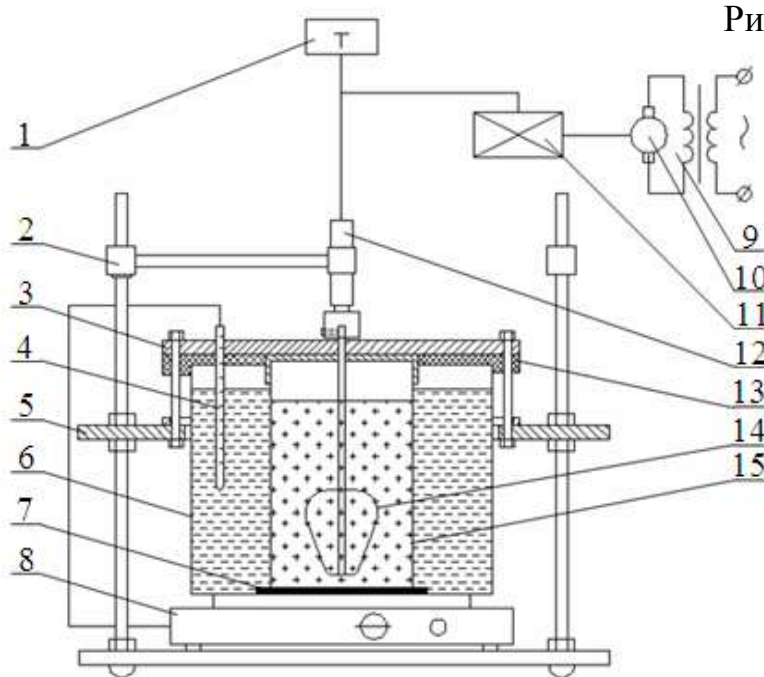


Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження процесу екстракції ПР:

- 1 – тахометр; 2 – тримач патрону; 3 – кришка;
- 4 – термосигналізатор ТПК;
- 5 – станина; 6 – ємність з теплоносієм; 7 – підкладка;
- 8 – нагрівальний пристрій;
- 9 – автотрансформатор;
- 10 – електродвигун;
- 11 – редуктор; 12 – патрон-фіксатор; 13 – ізоляція;
- 14 – перемішувачий елемент;
- 15 – робоча ємність

Методику побудови математичної моделі екстракції ПР з вихідної сировини та УФ-обробки ПЕ здійснювали на основі регресійних рівнянь згідно з матрицями планування факторного експерименту та критеріальними рівняннями процесу екстракції в системі «тверде тіло-рідина».

У процесі досліджень користувались загальноприйнятими і стандартними методами для вивчення фізико-хімічних показників пектинових екстрактів та пектинових концентратів.

Дослідження процесу УФ-концентрування ПЕ проводили: в тупиковому режимі – за загальноприйнятою методикою, в режимі з вібраційним

перемішуванням – за методикою, що враховує запропоновані конструктивні особливості.

Концентрацію ПР в екстрактах та концентратах досліджували об'ємним методом, молекулярну масу ПР – методом капілярної віскозиметрії, комплексоутворюючу здатність ПР – за методикою, яка полягає в обробці визначеної кількості ПЕ або його УФ-концентрату стандартним розчином свинцю; драглеутворюючу здатність – методом Валента, що заснований на визначенні максимальної міцності драглів на руйнування, вміст сухих речовин у ПК – методом рефрактометрії.

Обробку результатів досліджень проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу із використанням табличного процесора Excel 2007 та за допомогою проблемно-орієнтованого пакету математичних обчислень MathCad 15 на ПК.

У третьому розділі «Дослідження процесу екстракції пектинових речовин з бурякового жому» обґрунтовано теоретичні аспекти, які характеризують кінетику та динаміку процесу екстракції пектинових речовин з пектинвмісної рослинної сировини.

Для інтенсифікації процесу екстракції ПР було удосконалено конструкцію експериментальної установки шляхом застосування нових перемішувачих елементів (у вигляді пропелера та диску) та їх комбінованого розташування з решітчастим перемішувачим елементом.

З метою порівняння впливу конструкцій удосконаленого та контрольного перемішувачих елементів на процес екстракції ПР потрібно було розрахувати коефіцієнт масовіддачі β_c . Для розрахунку коефіцієнта масовіддачі процесу екстракції ПР було одержано математичну модель у вигляді критеріальної залежності, що має вигляд:

$$Nu_D = 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot Re_M^{0,62} \cdot Pr_D^{0,77}, \quad (1)$$

де Nu_D – дифузійний критерій Нусельта ($Nu_D = \beta_c \cdot d / D$);

Re_M та Pr_D – критерії Рейнольдса та Прандтля відповідно.

Розраховані значення коефіцієнта масовіддачі β_c , що становлять для решітчастого перемішувачого елемента (контроль) – $3,901 \cdot 10^{-5}$ м/с, для комбінованого – $6,718 \cdot 10^{-5}$ м/с, що є у 1,7 рази вищим.

У зв'язку зі складністю розрахунку відповідних коефіцієнтів диференційних та критеріальних математичних моделей процесу екстракції нами одержано математичну модель залежності концентрації ПР в екстракті від температури, гідромодуля та тривалості процесу екстракції бурякового жому:

$$C_{ПР} = -0,171 + 0,028 t - 0,146 \tau - 0,076 q - 2,469 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,25 \tau^2 + 6,111 \cdot 10^{-3} q^2 - 7,812 \cdot 10^{-4} t \cdot \tau + 1,042 \cdot 10^{-4} t \cdot q + 0,027 \tau \cdot q. \quad (2)$$

Модель дозволяє забезпечити адекватний опис процесу екстракції ПР та визначити оптимальні параметри його проведення.

Досліджено вплив параметрів температури t (рис. 2), тривалості τ (рис. 3) та гідромодуля q процесу екстракції бурякового жому на ступінь концентрації пектинових речовин в ПЕ.

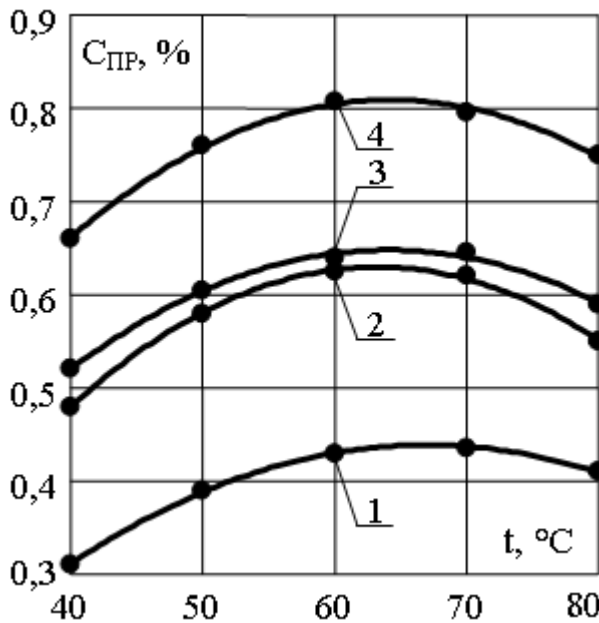


Рис. 2. Залежність зміни концентрації ПР від температури процесу екстракції при $\tau = 1 \cdot 60^2$ с, $q = 10$:
1, 3 – сухий буряковий жом;
2, 4 – свіжий буряковий жом;
1, 2 – решітчастий перемішувачий елемент; 3, 4 – комбінований перемішувачий елемент

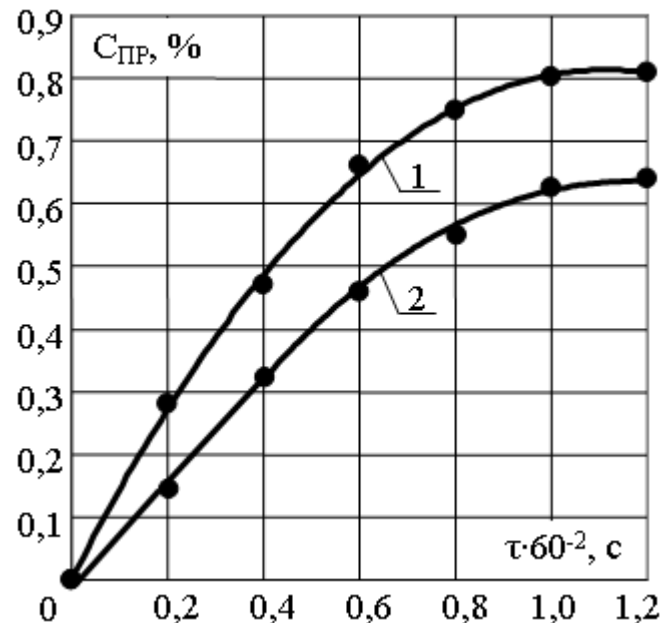


Рис. 3. Залежність зміни концентрації ПР від тривалості екстракції свіжого бурякового жому при $t = 65^\circ\text{C}$, $q = 10$ із застосуванням перемішувачих елементів:
1 – решітчастого; 2 – комбінованого

Встановлено, що при підвищенні температури екстракції бурякового жому до 60°C спостерігається збільшення концентрації ПР в екстракті як з використанням решітчастого перемішувачого елемента, так і з застосуванням комбінованого перемішувачого елемента. При цьому концентрація ПР в екстракті набуває максимального значення $C_{\text{ПР}} = 0,81\%$ для свіжої сировини та $C_{\text{ПР}} = 0,64\%$ – для сухої сировини. На відрізку значень температури $60 \dots 70^\circ\text{C}$ концентрація ПР у екстракті майже не змінюється, а при значеннях температури, вищих за 70°C , починає знижуватися. Застосування комбінованого перемішувачого елемента дозволяє підвищити концентрацію ПР у екстракті порівняно з використанням решітчастого перемішувачого елемента в 1,3...1,4 рази як для сухого, так і для свіжого бурякового жому.

З графічної залежності впливу тривалості процесу екстракції бурякового жому на концентрацію ПР видно, що протягом $(1,0 \dots 1,1) \cdot 60^2$ с спостерігається спочатку інтенсивне, а потім повільне зростання концентрації ПР у екстракті. При подальшому проведенні процесу екстракції концентрація ПР в пектиновому екстракті набуває сталого значення. Застосування комбінованого перемішувачого елемента значно підвищує величину концентрації ПР у екстракті – на 21...33% у порівнянні з використанням решітчастого перемішувачого елемента.

Експериментальними дослідженнями також було визначено раціональні значення гідромодуля, що забезпечують максимальний перехід ПР в пектиновий екстракт – $q = 8 \dots 10$.

Досліджено вплив параметрів температури та тривалості процесу екстракції ПР на зміну якісних характеристик ПЕ: молекулярної маси (рис. 4 а), комплексоутворюючої (рис. 4 б) та драглеутворюючої здатності із застосуванням комбінованого перемішуючого елемента.

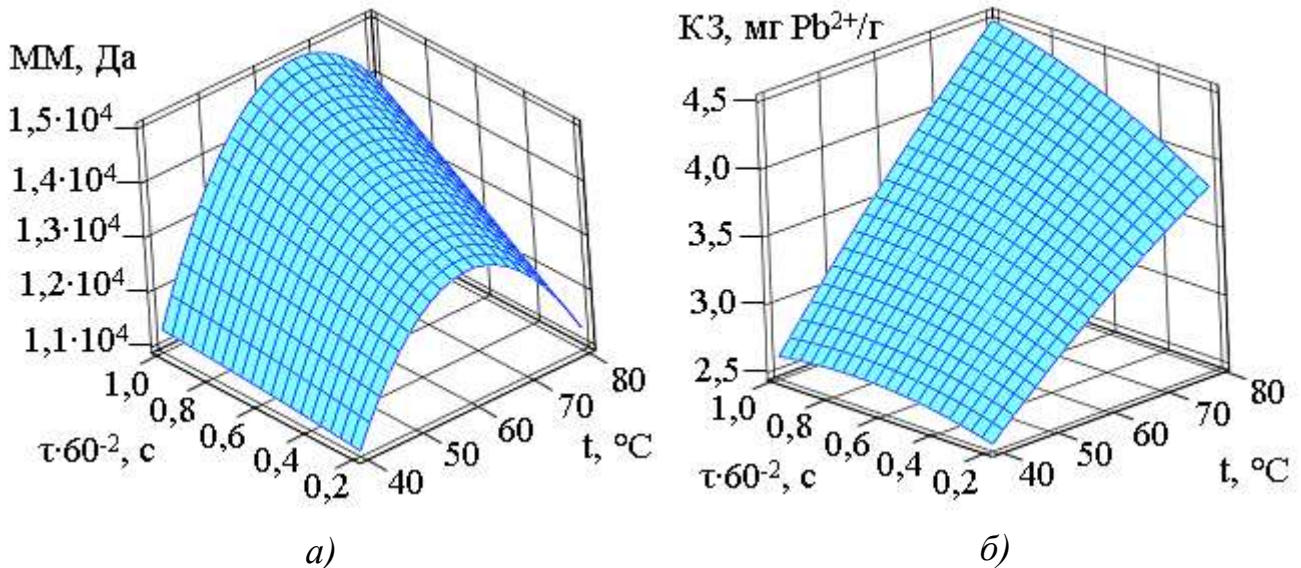


Рис. 4. Залежність зміни молекулярної маси (а) та комплексоутворюючої здатності (б) ПР від температури (t) та тривалості процесу екстракції (τ) свіжого бурякового жому

Дані, представлені на рис. 4 а, свідчать, що поверхня залежності у напрямку збільшення температури процесу носить нелінійний характер. Зі збільшенням значень температури до 60...70°C відбувається підвищення молекулярної маси ПР до максимального значення $MM = 1,46 \cdot 10^4$ Да. З подальшим підвищенням температури до 80°C спостерігається різке зниження молекулярної маси ПР, що, вірогідно, є наслідком зниження фізико-механічних властивостей ПР в екстракті за високих значень температури.

Значення комплексоутворюючої здатності ПР (рис. 4 б) зростають пропорційно збільшенню температури та тривалості процесу екстракції ПР. Так, максимальні значення комплексоутворюючої здатності $K3^{max} = 4,0 \dots 4,5$ мг Pb²⁺/г спостерігаються за температури 70...75°C та тривалості процесу $(1,0 \dots 1,1) \cdot 60^2$ с.

У четвертому розділі «Дослідження баромембранних процесів концентрування та очистки пектинових екстрактів» розглянуті математичні залежності, які характеризують гідравлічні явища, що відбуваються поблизу селективної поверхні напівпроникної мембрани за УФ-концентрування ПЕ та ДФ-очищення ПК.

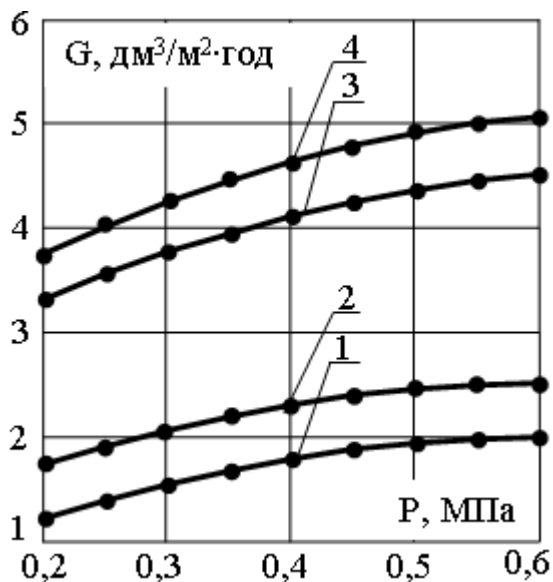
Розроблено математичну модель зміни продуктивності УФ-мембран в процесі УФ-концентрування ПЕ, яка дає можливість в залежності від тиску,

температури та тривалості процесу УФ-концентрування визначити оптимальні технологічні режими процесу УФ-концентрування ПЕ. Модель адекватна і описується рівнянням оптимізації:

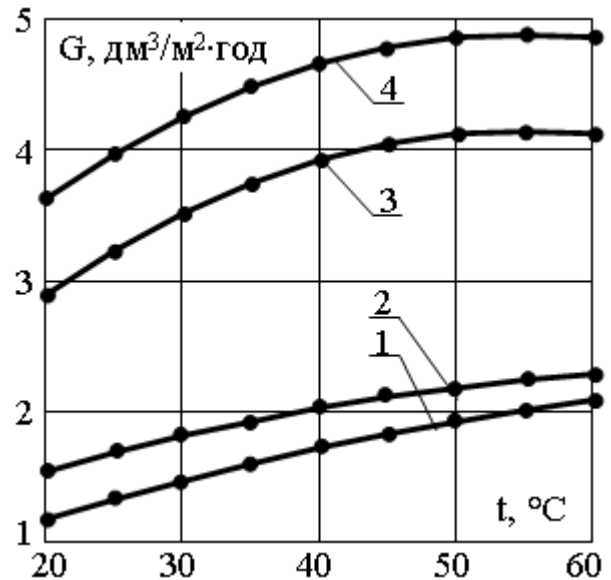
$$G = 3,082 + 1,076 \cdot 10^{-3} t - 2,38 P - 1,215 \tau + 1,908 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,835 P^2 + 0,229 \tau^2 + 0,04 t \cdot P - 4,786 \cdot 10^{-3} t \cdot \tau - 0,786 \cdot 10^{-3} P \cdot \tau. \quad (3)$$

Визначено вплив тиску фільтрації, температури ПЕ й тривалості процесу його ультрафільтраційного концентрування в тупиковому режимі та режимі з вібраційним перемішуванням на продуктивність мембран типу ПАН (рис. 5).

Встановлено, що під час УФ-концентрування ПЕ підвищення тиску більше 0,4...0,5 МПа недоцільне, оскільки це не призводить до значного збільшення продуктивності обох типів мембран (рис. 5 а). Доведено також, що використання вібраційного перемішування дозволяє не тільки значно підвищити продуктивність УФ-мембран за рахунок запобігання утворення гель-шару на їх поверхні, але й знизити робочий тиск у напірному каналі УФ-модуля.



а)



б)

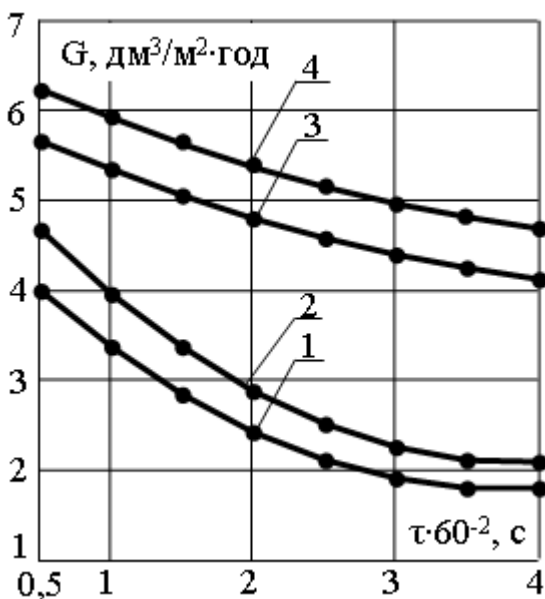


Рис. 5. Залежності продуктивності УФ-мембран типу ПАН від тиску (а) температури (б) та тривалості (в) процесу УФ-концентрування пектинових екстрактів:

1, 3 – мембрана ПАН-50 у тупиковому режимі і в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно;

2, 4 – мембрана ПАН-100 у тупиковому режимі і в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно

в)

Підвищення температури ПЕ під час їх УФ-концентрування (рис. 5 б) понад 45...55°C також є недоцільним, оскільки значного зростання продуктивності напівпроникних мембран при цьому не відбувається. Крім того, слід врахувати, що надто високі температури призводять до небажаних біохімічних перетворень ПР та зниження їх функціональних властивостей.

Зниження продуктивності напівпроникних мембран зі збільшенням тривалості процесу (рис. 5 в) можна пояснити інтенсивним утворенням гелю шару високомолекулярних речовин на їх поверхні, що значно уповільнює процес УФ-концентрування ПЕ. В режимі з вібраційним перемішуванням більш повільний характер зменшення продуктивності УФ-мембран обумовлений впливом вібраційної турбулізації на товщину поляризаційного осаду, що утворюється на їх селективній поверхні.

Досліджували вплив швидкості пульсуючих потоків вібраційного перемішування ПЕ за їх УФ-обробки на продуктивність УФ-мембран типу ПАН (рис. 6). Встановлено, що зі збільшенням швидкості пульсуючих потоків до значень $U = 1,5...1,7$ м/с спостерігається підвищення продуктивності мембран в 1,5...1,6 рази. При подальшому підвищенні швидкості пульсуючих потоків вібраційного перемішування відбувається стабілізація процесу, при цьому продуктивність напівпроникних мембран типу ПАН збільшується, але незначно.

На рис. 7 наведено графічну залежність вмісту ПР в пектиновому концентраті від температури та тиску УФ-концентрування ПЕ із застосуванням мембрани ПАН-100. Як свідчать дані рисунку, за визначених раціональних значень температури та тиску ультрафільтрації концентрація пектинових речовин в ПК складає 4,0...4,5%.

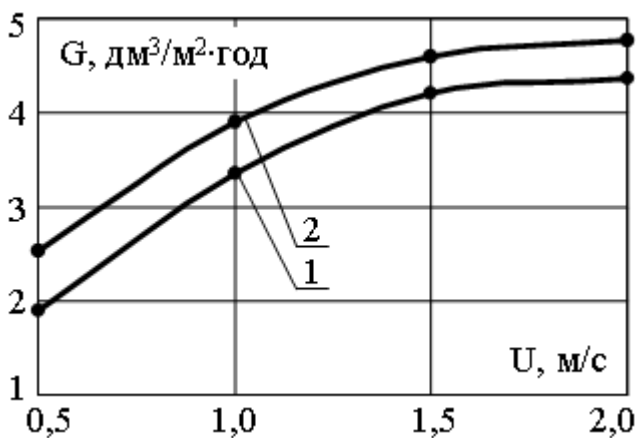


Рис. 6. Залежність продуктивності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від гідродинамічних умов у їх поверхні під час УФ концентрування пектинових екстрактів за температури 50°C і тиску 0,4 МПа:
1 – мембрана ПАН-50;
2 – мембрана ПАН-100

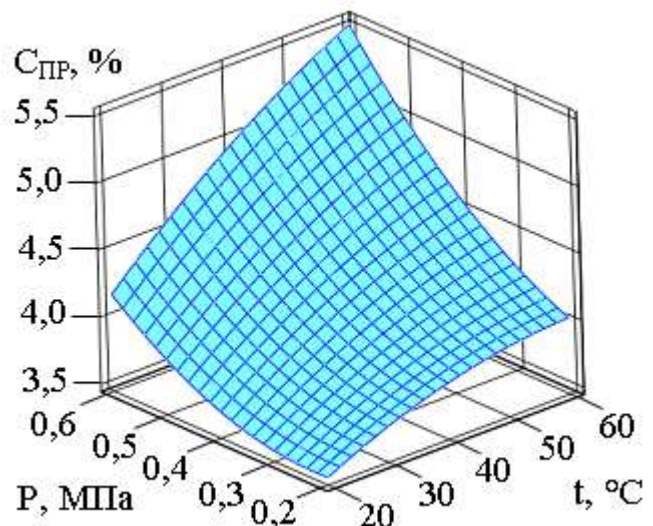


Рис. 7. Залежність зміни вмісту ПР у пектиновому концентраті від температури (t) та тиску (P) процесу мембранного концентрування із застосуванням мембрани ПАН-100

За діяфільтраційної очищення ПК (рис. 8) при його розбавленні продуктивність УФ-мембрани підвищується циклічно до певного визначеного значення. При подальшому концентруванні ПК продуктивність мембрани знижується. При цьому довжина кожного циклу концентрування і продуктивність УФ-мембрани суттєво не змінюються. Після першого фільтраційного циклу підвищення швидкості фільтрації не спостерігається. Вірогідно, це відбувається за рахунок виходу значної кількості низькомолекулярного баласту УФ-концентрату, що призводить до зниження осмотичного тиску ПК. Така зміна пояснюється тим, що за визначеної концентрації пектинових речовин в ПК низькомолекулярні сполуки не мають значного впливу на процес ДФ-очищення.

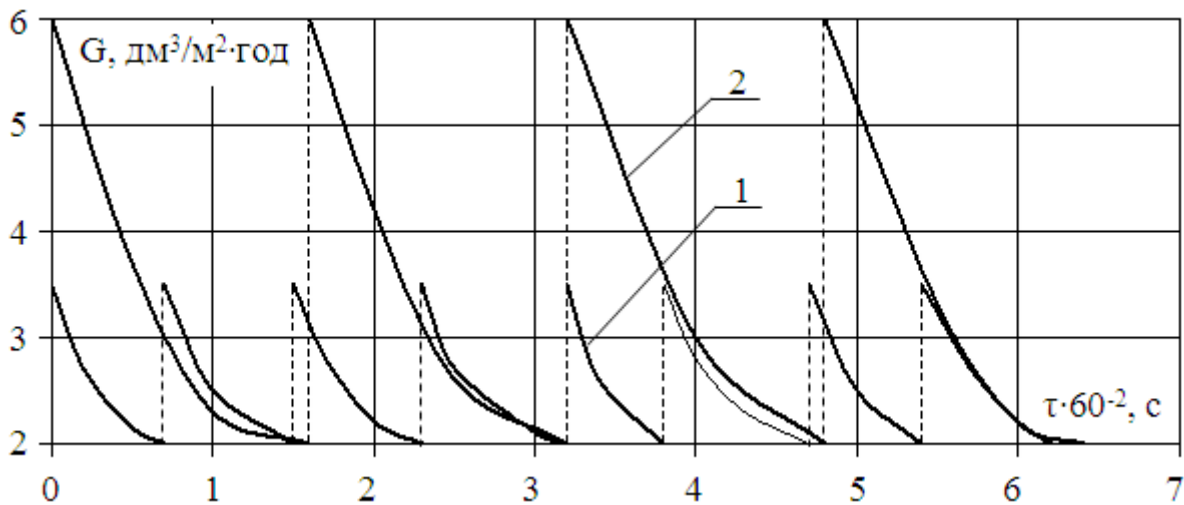


Рис. 8. Залежність продуктивності УФ-мембрани ПАН-100 від часу в процесі ДФ-очищення пектинового концентрату за тиску 0,4 МПа, температури 50°C та кратності розбавлення: 1 – $n = 2$ (число циклів $N = 7$); 2 – $n = 4$ (число циклів $N = 4$)

У табл. 1 наведено якісні показники одержаних пектинових концентратів після їх діяфільтраційної очистки.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники пектинопродуктів з бурякового жому

Показник	Пектиновий екстракт		Пектиновий концентрат			
	Свіжа сировина	Суша сировина	Свіжа сировина		Суша сировина	
			ПК до ДФ-очищення	ПК після ДФ-очищення	ПК до ДФ-очищення	ПК після ДФ-очищення
Вміст сухих речовин, %	2,4	1,8	7,9	5,1	7,2	4,1
Концентрація ПР, %	0,81	0,64	4,4	4,4	3,7	3,7
Зольність, %	1,5	1,1	2,1	0,03	2,5	0,04
Молекулярна маса, Да	14200	10800	22400	24700	17100	18900
Комплексоутворююча здатність, мг Рb ²⁺ /г	4,2	2,3	24,8	26,5	12,7	14,6

Драглеутворююча здатність по Валенту, Г	106	79	217	236	149	162
---	-----	----	-----	-----	-----	-----

Як свідчать дані таблиці, після застосування процесу ДФ-очищення концентрація пектинових речовин у ПК залишається незмінною за одночасного зменшення вмісту сухих речовин. При цьому спостерігається суттєве підвищення показників комплексо- та драглеутворюючої здатності пектинових речовин в отриманих концентратах.

У п'ятому розділі «Практична реалізація та впровадження результатів досліджень» розроблено конструкцію промислового пристрою для екстракції пектинвмісної рослинної сировини (рис. 9) та надано його загальну технічну характеристику.

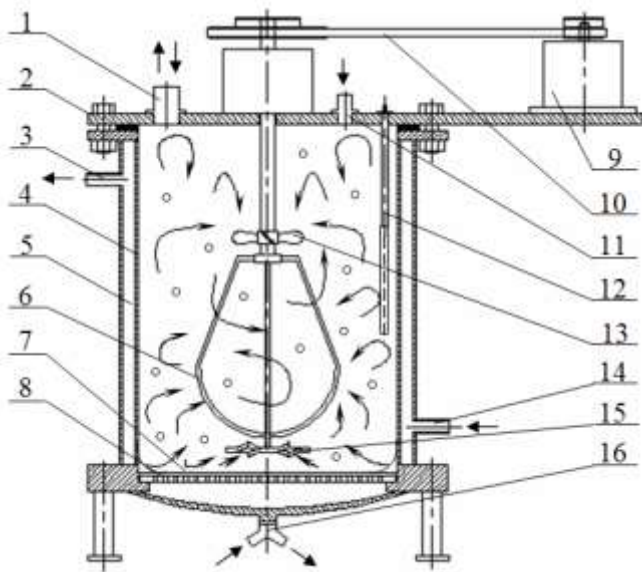


Рис. 9. Пристрій для екстракції рослинної сировини ПЕРС-1: 1 – вхідний патрубок; 2 – кришка; 3 – патрубок виведення теплоносія; 4 – робоча ємність; 5 – кожух обігріву; 6 – перемішувачий елемент; 7 – фільтрувальний елемент; 8 – перфороване днище; 9 – електродвигун; 10 – пасова передача; 11 – патрубок тиску; 12 – датчик контролю значень рН; 13 – пропелер; 14 – патрубок введення теплоносія; 15 – диск; 16 – комбінований патрубок

Даний пристрій забезпечує процес екстракції необхідних речовин високої продуктивності за рахунок турбулентного перемішування протитоком технологічного середовища. До патрубку (14) кожуху обігріву (5) подається теплоносій (вода), що циркулює і виводиться через патрубок (3). В середину технологічного середовища засипають підготовлену подрібнену рослинну сировину та закріплюють кришку (2). До робочої ємності (4) через патрубок (1) знаходиться необхідна кількість гідролізуючої рідини. Після цього патрубок перекривають, вмикають на необхідну швидкість електродвигун (9), за допомогою якого, через пасову передачу (10), починає обертатися перемішувачий елемент (6), з пропелерами (13) або дисками (15), що виконують функцію турбулізаторів процесу гідролізу-промивання та набрякання рослинної сировини. Після закінчення процесу промивання рослинної сировини, не зупиняючи процес перемішування, через патрубок (11) подається стиснене повітря, під тиском якого промивна рідина проходить крізь фільтрувальний елемент (7) та перфороване днище (8) і виводиться крізь патрубок (16). Після цього електродвигун (9) вимикається, через патрубок (1) подається необхідна кількість екстрагенту і вмикається перемішування для проведення процесу екстракції на заданій швидкості. Після закінчення процесу екстракції до камери

через патрубок (1) подається необхідний об'єм нейтралізуючого реагенту, і знову суміш ретельно перемішується на невеликій кількості обертів. Значення рН розчину контролюють за допомогою датчика (12). Після закінчення стадії нейтралізації отриманий екстракт під тиском виводиться через патрубок (16) у один з виходів трійника. Після цього в інший вихід трійника патрубка (16) подається рідина, під тиском якої відпрацьована рослинна сировина видаляється через патрубок (1) з одночасним промиванням фільтрувального елемента (7) та робочої ємності (4).

Визначені основні техніко-економічні показники пристрою для екстракції рослинної сировини. Встановлено, що його продуктивність за виходом екстракту складає 450...480 дм³/год.

Розроблено принципову схему технологічної лінії виробництва пектинових концентратів з використанням розробленого пристрою для екстракції рослинної сировини.

Розроблено та затверджено у відповідному порядку нормативну документацію – «Рекомендації щодо підвищення продуктивності пристрою для екстракції рослинної сировини». Результати досліджень впроваджені у ФО-П Тридуб М.О., м. Харків. Комплект проектної документації на пристрій для екстракції рослинної сировини ПЕРС-1 передано для впровадження в селянсько-фермерське господарство «Чайка» Чаплинського району Херсонської області.

Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів досліджень складає 2056,2 тис. грн/рік за рахунок зниження собівартості виробництва пектинового концентрату.

ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу науково-технічної літератури, комплексних патентних досліджень було зроблено висновок, що основними причинами відсутності пектинового виробництва в харчовій промисловості України є недостатній рівень теоретичних розробок процесу вилучення ПР з пектинвмісної сировини, застосування малоефективних методів концентрування та очищення ПЕ, відсутність вискоефективного енергозаощадного обладнання пектинового виробництва. Доведено необхідність дослідження процесів екстракції ПР, концентрування та очистки ПЕ з метою їх удосконалення, а також розробки та застосування модернізованого екстракційного та мембранного обладнання для одержання ПК високої якості.

2. Розроблено математичну модель процесу екстракції ПР з перемішуванням у вигляді критеріальної залежності, що дозволяє розрахувати коефіцієнт масовіддачі в системі «тверде тіло-рідина» для визначення інтенсивності процесу. Встановлено, що розраховані значення коефіцієнта масовіддачі при застосуванні для інтенсифікації процесу екстракції ПР розробленого перемішуючого елемента збільшуються в 1,7 рази порівняно з використанням традиційної решітчастої мішалки.

3. Встановлено раціональні параметри процесу екстракції ПР зі свіжого та сухого бурякового жому з використанням запропонованого комбінованого

перемішуючого елемента: температура – 60...70°C, тривалість процесу екстракції – $(1,0...1,1) \cdot 60^2$ с, гідромодуль – 8...10. Визначено вплив встановлених параметрів на концентрацію та якісні показники ПР в складі одержаних пектинових екстрактів.

4. Доведено, що за швидкістю фільтрації та селективністю за ПР ультрафільтраційні мембрани типу ПАН є перспективними для здійснення УФ-концентрування пектинових екстрактів. Визначені раціональні технологічні параметри процесу УФ концентрування ПЕ. Встановлено, що робочий тиск процесу повинен дорівнювати 0,4...0,5 МПа, температура фільтрації – 45...55°C, тривалість процесу – $(1,5...2,0) \cdot 60^2$ с.

5. Проаналізовано чинники, що впливають на рівень концентраційної поляризації на поверхні напівпроникних мембран типу ПАН в процесі УФ-концентрування. Встановлено раціональні технологічні параметри процесу УФ-концентрування ПЕ з використанням заходів його інтенсифікації. Доведено, що застосування вібраційного перемішування зі швидкістю пульсуючих потоків ПЕ в міжмембранному каналі 1,5...1,7 м/с дозволяє інтенсифікувати процес УФ-концентрування ПЕ порівняно з УФ-концентруванням в тупиковому режимі в 1,5...1,6 рази.

6. Визначено вплив ступеня та числа циклів розбавлення ПК на продуктивність УФ-мембрани ПАН-100 за очищення пектинових концентратів в процесі діафільтрації. Встановлено, що при кратності розбавлення 2 кількість циклів процесу ДФ-очищення складає 7, а при кратності розбавлення 4 – відповідно 4. Доведено, що після застосування процесу ДФ-очищення концентрація пектинових речовин у ПК залишається незмінною.

7. Розроблено конструкції обладнання для проведення процесу екстракції пектинових речовин в лабораторних та промислових умовах. Визначені основні техніко-економічні показники промислового пристрою для екстракції рослинної сировини, продуктивність якого за виходом екстракту складає 450...480 дм³/год.

8. Здійснено комплекс заходів із впровадження результатів досліджень в практику. Розроблено та затверджено у відповідному порядку нормативну документацію – «Рекомендації щодо підвищення продуктивності пристрою для екстракції рослинної сировини». Результати досліджень впровадженні у ФО-П Тридуб М.О., м. Харків. Комплект проектної документації на пристрій для екстракції рослинної сировини ПЕРС-1 передано для впровадження в селянсько-фермерське господарство «Чайка» Чаплинського району Херсонської області.

9. Визначено економічний ефект від впровадження результатів досліджень, який складає 2056,2 тис. грн/рік, за рахунок зниження собівартості виробництва пектинового концентрату.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дейниченко Г. В. Проблеми впровадження технологій з виробництва пектину / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2008. – Вип. 1 (7). – С. 317–322. *Здобувачем надано*

пропозиції щодо введення оптимальних технологій у сферу пектинового виробництва.

2. Дейниченко Г. В. Аналіз процесу екстрагування пектинових речовин із рослинної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць. – Донецьк : Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського, 2009. – Вип. 22. – С. 158–162. *Здобувачем проаналізовано різні способи проведення процесу екстрагування пектинових речовин та надано висновки щодо їх використання.*

3. Дейниченко Г. В. Аналіз упровадження мембранних технологій під час обробки пектинового екстракту / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2009 – Вип. 1 (9). – С. 165–172. *Здобувачем проведено теоретичні дослідження процесів концентрування та очищення пектинових екстрактів та надано рекомендації щодо впровадження цих процесів у пектинове виробництво.*

4. Визначення пористості ультрафільтраційної мембрани ПАН-100 / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, О. В. Гафуров, В. В. Гузенко // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць. – Донецьк : Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського, 2011. – Вип. 26. – С. 27–34. *Здобувачем проведено теоретичні та експериментальні дослідження визначення пористості ультрафільтраційної мембрани ПАН-100.*

5. Дейниченко Г. В. Дослідження процесу екстрагування пектинових речовин із рослинної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць. – Донецьк : Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського, 2011. – Вип. 27. – С. 120–125. *Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу параметрів температури та тривалості обробки пектинвмісної сировини на вихід пектину.*

6. Дейниченко Г. В. Аналіз вибору методів та параметрів процесу вилучення пектинових речовин з рослинної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – № 1 (155). – Ч. 1. – С. 81–86. *Здобувачем надано аналіз досліджень вилучення пектинових речовин з бурякового жому.*

7. Дейниченко Г. В. Одержання пектинових концентратів методом ультрафільтраційної обробки / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. праць. – Одеса : ОНАХТ, 2012. – Вип. 41. – Т. 2. – С. 469–473. *Здобувачем досліджено робочі параметри ультрафільтраційних мембран в процесі концентрування пектинових екстрактів.*

8. Пат. на корисну модель 46127 Україна, МПК А23 L1/0524, С08 В37/06. Спосіб одержання бурякового пектину / Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Гузенко В.В. (Україна) ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u200906104 ; заявл. 15.06.09 ; опубл. 10.12.09, Бюл. № 23. – 5 с.

Здобувачем розроблено новий спосіб одержання бурякового пектину, підготовлено заявку на видачу патенту.

9. Пат. на корисну модель 61786 Україна, МПК В01 D11/02, С08 В37/06. Пристрій для дослідження процесу екстракції рослинної сировини / Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Михайленко В. Г., Гузенко В. В. (Україна) ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u201101079 ; заявл. 31.01.11 ; опубл. 25.07.11, Бюл. № 14. – 2 с. *Здобувачем розроблено конструкцію пристрою для дослідження процесу екстракції рослинної сировини, підготовлено заявку на видачу патенту.*

10. Пат. на корисну модель 68805 Україна, МПК В01 D11/02, С08 В37/06. Пристрій для екстракції рослинної сировини / Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Гузенко В. В. (Україна) ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № u201111782 ; заявл. 06.10.11 ; опубл. 10.04.12, Бюл. № 7. – 8 с. *Здобувачем запропоновано удосконалення існуючого пристрою для екстракції рослинної сировини шляхом застосування нових робочих елементів і поєднання відомих і нових елементів, підготовлено заявку на видачу патенту.*

11. Гузенко В. В. Огляд сучасних типів обладнання для здійснення процесу екстракції пектинових речовин / В. В. Гузенко // Сучасні проблеми легкої і харчової промисловості : Міжнар. наук.-практ. конф. наукової молоді і студентів, 3–4 листопада 2010 р. : тези доповідей. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2010. – С. 17–18.

12. Мазняк З. О. Підбір та створення нового обладнання для виробництва пектину / З. О. Мазняк., В. В. Гузенко, О. В. Лихобаба // Актуальні проблеми харчової промисловості та підготовки кадрів для галузі : всеукр. наук.-практ. конф., 3–4 березня 2011 р. : тези доповідей. – Луганськ : ЛНУ ім. Т. Шевченко, 2011. – С. 38–39. *Здобувачем здійснено підбір та застосування сучасних процесів і сучасного типу технологічного обладнання для виробництва пектину.*

13. Лихобаба О. В. Сучасний стан розвитку виробництва пектину / О. В. Лихобаба, Г. В. Дейниченко, В. В. Гузенко // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 23 березня 2011 р. : тези доповідей у 2-х ч. – Х. : ХДУХТ, 2011. – Ч. 1. – С. 357. *Здобувачем розглянуто характеристику сучасного стану та напрямки розвитку виробництва пектину в Україні.*

14. Дейниченко Г. В. Особливості застосування нанотехнологій у виробництві пектинових концентратів / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк., В. В. Гузенко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 77 всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 11-12 квітня 2011 р. : матеріали. – К. : НУХТ, 2011. – Ч. 2. – С. 75. *Здобувачем здійснено порівняльний аналіз переваг застосування мембранних методів обробки у виробництві пектинових концентратів.*

15. Дейниченко Г. В. Удосконалення обладнання для процесу екстракції пектинових речовин / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк., В. В. Гузенко // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи

розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф, 19 травня 2011 р. : тези доповідей у 4 ч. – Х. : ХДУХТ, 2011. – Ч. 2. – С. 39–40. *Здобувачем запропоновано здійснення процесу екстракції пектинових речовин із застосуванням елементів турбулізації.*

16. Дейниченко Г. В. Усовершенствование технологических процессов переработки пектинсодержащего сырья / Г. В. Дейниченко, З. А. Мазняк, В. В. Гузенко // Техника и технология пищевых производств: VIII Междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2011 г. : тезисы докладов в 2 ч. – Могилев : УО «Могилевский государственный университет продовольствия», 2011. – Ч. 2. – С. 74–75. *Здобувачем здійснено аналіз технологійних схем та запропоновано удосконалення апаратурного оформлення процесу виробництва пектину.*

17. Дейниченко Г. В. Теоретические аспекты обработки пектиновых экстрактов // Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Актуальные вопросы современной науки : Междунар. науч.-практ. конф., 8 февраля 2012 г. : материалы. – Курск : Курск. ин-т кооперации, 2012. – С. 248–251. *Здобувачем проведено аналіз математичного опису процесу концентрування пектинових екстрактів.*

18. Мазняк З. О. Дослідження баричних режимів процесу концентрування пектинових екстрактів / З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у 21 столітті : 78 всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 1-2 квіт. 2012 р. : матеріали. – К. : НУХТ, 2012. – Ч. 2. – С. 91–93. *Здобувачем проведено дослідження процесу концентрування пектинових екстрактів з визначенням впливу параметру тиску на продуктивність ультрафільтраційних мембран.*

19. Методи концентрування пектинових екстрактів / В. В. Гузенко, О. В. Лихобаба, Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 25 квітня 2012 р. : тези доповідей у 4 ч. – Х. : ХДУХТ, 2012. – Ч. 2. – С. 60. *Здобувачем експериментально досліджено переваги застосування мембранних методів концентрування над традиційними.*

АНОТАЦІЯ

Гузенко В.В. Удосконалення процесу виробництва пектинового концентрату та його апаратурне оформлення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Харків, 2013 р.

Дисертацію присвячено удосконаленню процесів екстракції пектинових речовин, концентрування та очистки пектинових екстрактів з метою створення енергозберігаючого процесу отримання пектинових концентратів та обладнання для їх реалізації. Розроблено математичну модель процесу екстракції пектинових речовин з перемішуванням у вигляді критеріальної залежності, що

дозволяє розрахувати коефіцієнт масовіддачі в системі «тверде тіло-рідина». Встановлено раціональні параметри процесу екстракції пектинових речовин із застосуванням запропонованого комбінованого перемішуючого елемента. Досліджено процеси ультрафільтраційного (УФ) концентрування та діафільтраційного (ДФ) очищення пектинових екстрактів з використанням мембран типу ПАН в тупиковому режимі та режимі з вібраційним перемішуванням. Встановлено раціональні параметри процесів УФ- та ДФ-обробки пектинових екстрактів в режимі з вібраційним перемішуванням вихідної сировини. Встановлено фізико-хімічні показники якості кінцевого продукту – пектинового концентрату – за різних параметрів процесу його отримання. Розроблено конструкції обладнання для екстракції пектинових речовин в лабораторних та промислових умовах. Здійснено комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень в практику. Визначено соціальний та економічний ефект одержаних результатів.

Ключові слова: пектинові речовини, екстракція, процес, пектиновий екстракт, ультрафільтрація, діафільтрація, пектиновий концентрат.

АННОТАЦІЯ

Гузенко В.В. Усовершенствование процесса производства пектинового концентрата и его аппаратное оформление. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Харьков, 2013 г.

Диссертация посвящена усовершенствованию процессов экстракции пектиновых веществ, концентрирования и очистки пектиновых экстрактов для производства пектиновых концентратов и оборудования для их реализации. Доведена необходимость исследования процессов экстракции пектиновых веществ, концентрирования и очистки пектиновых экстрактов с целью их усовершенствования, а также разработки и использования модернизированного экстракционного оборудования для получения пектинового концентрата высокого качества. Разработана математическая модель процесса экстракции пектиновых веществ с перемешиванием в виде критериальной зависимости, которая позволяет рассчитать коэффициент массоотдачи в системе «твердое тело-жидкость» для определения интенсивности процесса. Исследован процесс экстракции пектиновых веществ из свежего и сухого свекловичного жома с использованием предложенного комбинированного перемешивающего элемента и установлены его рациональные параметры. Определено влияние установленных параметров на качественные показатели пектиновых веществ в составе полученных пектиновых экстрактов. Предложена математическая модель, в основе которой лежит уравнение регрессии, описывающее процесс ультрафильтрационного концентрирования пектиновых экстрактов с целью получения пектинового концентрата по оптимальным параметрам. Исследован процесс ультрафильтрационного (УФ) концентрирования и диафильтрационной

(ДФ) очистки пектиновых экстрактов с использованием мембран типа ПАН в тупиковом режиме и режиме с вибрационным перемешиванием. Доказано, что по скорости фильтрации и селективности по пектиновым веществам ультрафильтрационные мембраны типа ПАН являются перспективными для осуществления ультрафильтрационного концентрирования пектиновых экстрактов. Проанализированы факторы, которые влияют на уровень концентрационной поляризации на поверхности мембран в процессе ультрафильтрационного концентрирования и диафильтрационной очистки пектиновых экстрактов. Установлено влияние вибрационного перемешивания на продуктивность ультрафильтрационных полупроницаемых мембран типа ПАН при баромембранной обработке пектиновых экстрактов. Определено влияние кратности разбавления пектиновых концентратов на продуктивность ультрафильтрационной мембраны ПАН-100 при их очистке в процессе диафильтрации. Доказано, что после использования процесса ДФ-очистки концентрация пектиновых веществ в пектиновых концентратах не изменяется. Установлены рациональные параметры технологических режимов процесса УФ-концентрирования и ДФ-очистки пектиновых экстрактов в режиме с вибрационным перемешиванием исходного сырья. Установлено влияние кратности и числа циклов разбавления пектинового концентрата на производительность мембраны ПАН-100. Установлены физико-химические показатели качества конечного продукта – пектинового концентрата – при разных параметрах процессов его получения. Разработаны конструкции оборудования для экстракции пектиновых веществ в лабораторных и промышленных условиях. Промышленное устройство для экстракции растительного сырья обеспечивает процесс экстракции пектиновых веществ высокой производительности за счет турбулентного перемешивания противотоком технологической среды и участия в процессе всей массы сырья, а также эффективную выгрузку отработанного сырья из аппарата. Определены основные технико-экономические показатели промышленного устройства для экстракции растительного сырья. Подобрано оборудование и разработана технологическая линия для производства пектиновых концентратов с использованием предложенного устройства для экстракции растительного сырья. Осуществлен комплекс мероприятий по внедрению результатов исследований в практику. Определены социальный и экономический эффекты полученных результатов.

Ключевые слова: пектиновые вещества, экстракция, процесс, пектиновый экстракт, ультрафильтрация, диафильтрация, пектиновый концентрат.

ANNOTATION

Guzenko V.V. Improvement of the Process of Manufacturing Pectic Concentrate and its Instrumentation. – Manuscript.

Thesis for Candidate's degree by specialty 05.18.12 – Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine. – Kharkov, 2013.

The dissertation is devoted to the improvement of the processes of extracting pectic substances, concentration and purification of pectic extractions for the production of pectic concentrates and equipment for their realization. Mathematical model of the process of pectic substances with mixing in the form of criterion dependence, which allows us calculate mass transfer coefficient in the system "solid-liquid." Rational parameters of the process of extracting pectic substances from fresh and dry beet pulp with the use of the suggested combined mixing element are determined. The processes of ultrafiltration (UF) concentration and diafiltration (DF) purification of pectic extracts with the use of PAN membranes in a blind mode and vibration mixing mode are investigated. Rational parameters of technological processes of UF-concentration and DF-purification of pectic extracts in a mode of vibration mixing of original stock are determined. Physical-chemical quality indexes of a final product – pectic concentrate – under different parameters of the processes of its reception are determined. Equipment constructions for pectic substances extraction in laboratory and industrial conditions are designed. A set of measures on implementing the results of the research into practice is provided. Social and economic effects of the received results are determined.

Key words: pectic substances, extraction, process, pectic extraction, ultrafiltration, diafiltration, pectic concentrate.

Автор висловлює подяку к.т.н., доценту Мазняку З.О. за наукові консультації та методичну допомогу під час виконання дисертаційної роботи.

Підписано до друку 17.04.2013 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.
Умов. друк. арк. 1,4. Тираж 150 прим. Замовл. №____

Видавець і виготовлювач

Харківський державний університет харчування та торгівлі.

Вул. Клочківська, 333, Харків, 61051.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4417 від 10.10.2012 р.