

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

СЛОБОДЯН Ольга Петрівна

УДК 664.292.061.34

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ
РОЗРАХУНКУ СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНУ
З БУРЯКОВОГО ЖОМУ

Спеціальність 05.18.05 – Технологія цукру і цукристих
речовин

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 1994

AB 31.247

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Українському державному університеті харчових технологій та в НВО "Спектр" Держагропрому України.

Наукові керівники: кандидат технічних наук, доцент
В.О. МІРОШНИК;
доктор технічних наук, професор,
академік АІН України М.С. КАРПОВИЧ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
А.А. ЛІПЕЦЬ;
кандидат технічних наук, ст. наук.
співробітних Л.І. ЧЕРНЯВСЬКА

Ведуча організація: Інститут технічної теплофізики
НАН України

ЛННБ України ім. В. Стефаника
00755961 (X)

Захист дисертації відбудеться 30 листопада 1994 р.
о 14-00 годині в аудиторії A-311 на засіданні спеціалі-
зованої ради Д 068.17.01 Українського державного універси-
тету харчових технологій за адресою: 252017, м. Київ,
вул. Володимирська, 68.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці УДУХТ.
Автореферат розіслано "28" жовтня 1994 р:

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук, доцент

Л.М. ХОМІЧАК

ЛННБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Забезпечення потреб народного господарства України пектином як сировиною для кондитерської та харчової промисловості, а також як масовим протектором радіонуклідів є актуальним завданням. Загальна потреба України в пектині для кондитерської промисловості становить 2 тис. тонн на рік, а як протектора радіонуклідів – понад 30 тис. тонн на рік. Проте власного виробництва пектину в Україні немає. Це пояснюється відсутністю промислової сировинної бази для виробництва пектину з високою желюючою здатністю на основі традиційних технологій, а також недостатнім рівнем техніки і технології одержання пектину з бурякового жому – практично необмеженої сировини для пектинового виробництва.

Досвід одержання пектину з бурякового жому на пектинових заводах Росії, Канади, Німеччини і результати виробничих досліджень на Гайсинському дослідному пектиновому заводі дають підстави зробити висновки про можливість і економічну доцільність даного виробництва.

Враховуючи велику потребу в пектині як драглеутворюючої сировини та необхідність пектинопрофілактики населення в умовах екологічної агресії в багатьох регіонах України, організація виробництва пектину та пектинопродуктів є цілком актуальною.

Ступінь дослідженості. Факторами, що стримують удосконалення технології бурякового пектину, є відсутність науково обґрунтованого аналізу технологічних способів проведення основних процесів; технологічна недосконалість гідролізу – основного процесу пектинового виробництва; відсутність надійних методів аналізу напівпродуктів пектинового виробництва і, як наслідок, неможливість проведення оперативного контролю за плином технологічних процесів.

Проблема забезпечення народного господарства України пектином може бути вирішена лише внаслідок організації власного виробництва і всебічного вивчення технологічних процесів і властивостей продуктів на основі сучасних методів аналізу.

Вирішення зазначених завдань є предметом даного дослідження.

Мета роботи полягає в експериментальному і теоретичному дослідженні процесу вилучення пектину з бурякового жому,

осадження і спиртового обезводжування пектину, екстрагування домішок під час спиртового обезводжування, розробці методу аналізу якісних і кількісних показників пектину і пектинових екстрактів, а також їхніх фізико-хімічних характеристик.

Відповідно до мети визначено такі завдання:

- дослідити способи аналізу якісних показників пектину, які існують, розробити і експериментально апробувати новий метод аналізу;
- експериментально визначити і математично описати залежності фізико-хімічних характеристик пектинових екстрактів від їхнього складу і температурного режиму процесу;
- вивчити і розробити математичні моделі технологічних схем: гідролізу та екстрагування; осадження і спиртового обезводжування пектину; екстрагування домішок під час спиртового обезводжування;
- дослідити процес гідролізу в напрямку зниження витрат гідролізуючого реагенту і оптимізації по виходу пектину та його желюючої здатності.

Наукова новизна роботи. На основі експериментальних і теоретичних досліджень та їхньої виробничої перевірки одержано такі наукові результати:

- розроблено новий метод аналізу якісних і кількісних показників пектину і пектинових екстрактів;
- визначено фізико-хімічні характеристики пектинових екстрактів, одержано розрахункові рівняння для їхнього визначення;
- розроблено математичні моделі технологічних схем гідролізу і екстрагування, спиртового осадження і обезводжування пектину, екстрагування баластних речовин під час спиртового обезводжування, які дозволяють проводити розрахунки процесів на стадії розробки технології;
- розроблено спосіб гідролізу сухого бурякового жому при малих значеннях гідромодуля;
- методами багатофакторного експерименту оптимізовано процес гідролізу бурякового жому, одержано рівняння регресії, що описують область оптимуму і дозволяють проводити ціле-спрямований процес гідролізу.

Практична цінність роботи полягає в:

- розробці і виробничій апробації процесу гідролізу з малим значенням гідромодуля;

- виборі оптимальної схеми процесу гідролізу і екстрагування та раціональних параметрів вилучення пектину на технологічних стадіях його виробництва з врахуванням вимог до чистоти пектину для технологічного регламенту на виробництво 150 тонн на рік сухого бурякового пектину;

- проведенні розрахунків технологічного устаткування на основі одержаних даних з фізико-хімічних характеристик пектинових екстрактів;

- розробці нової методики аналізу якісних і кількісних показників пектинових екстрактів і пектину.

Реалізація результатів роботи. Висновки та рекомендації дисертаційної роботи знайшли практичне застосування і були реалізовані під час:

- розробки дослідно-промислового технологічного регламенту на виробництво бурякового сухого пектину і технологічних регламентів на виробництво 150 тонн на рік сухого бурякового пектину;

- розрахунку устаткування та розроблення технічних завдань на технологічне устаткування пектинового виробництва;

- проведення поточних аналізів пектинових екстрактів і готового продукту у виробництві пектину;

- підготовки навчально-методичної літератури для навчального процесу студентів УДУХТ (спеціалізація "Технологія полісахаридів").

Передбачуваний економічний ефект від впровадження результатів роботи під час промислового освоєння виробництва пектину потужністю 500 тонн пектину на рік становить 1,029 млн. крб. (за цінами на 1990 рік).

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи було викладено на всесоюзній конференції молодих учених і спеціалістів "Удосконалення технологічних процесів виробництва нових видів харчових продуктів і добавок" (м. Київ, 1989 р.); республіканській науково-технічній конференції "Інтенсифікація технології і удосконалення устаткування переробних галузей АПК" (м. Київ, 1989 р.); всесоюзній конференції молодих учених і спеціалістів з харчової біотехнології (м. Руза, Московської обл., 1989 р.); всесоюзній конференції "Стан досліджень і шляхи удосконалення техніки і технології виробництва пектину в країні" (м. Кишинів, 1989 р.); науково-практичній конференції "Науково-технічний прогрес і

поширення передового досвіду переробних галузей промисловості" (м. Київ, 1990 р.); науково-технічній конференції "Розробка і впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологій, устаткування і нових видів харчових продуктів у харчову та переробну галузі АПК" (м. Київ, 1991 р.); міжнародній науково-технічній конференції "Розробка і впровадження нових технологій та устаткування у харчову і переробну промисловості" (м. Київ, 1993 р.).

Тематика досліджень входила у плани робіт відповідно Постанови Держагропрому СРСР від 19 вересня 1986 р. № 22 "Про заходи щодо збільшення виробництва пастило-мармеладних виробів та драглеутворюючої сировини"; Постанови ЦК КПРС та Ради Міністрів СРСР від 22 листопада 1987 р. № 1310 "Про заходи по прискоренню розвитку переробних галузей агропромислового комплексу у 1988-1995 роках"; Програми на 1989-1995 роки Держагропрому УРСР по створенню дослідно-промислового комплексу технологічного устаткування, системи автоматичного управління та удосконаленню технології виробництва пектину з сушеного бурякового жому, а також у плани робіт НВО "Спектр" Держагропрому УРСР.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 23 роботи, у тому числі чотири авторські свідоцтва та одне позитивне рішення на винахід.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти глав, висновків і рекомендацій, списку бібліографічних найменувань та додатків. Роботу викладено на 116 сторінках основного тексту, вона містить 18 рисунків, 21 таблицю, бібліографія має 166 найменувань вітчизняних і зарубіжних джерел.

Особистий внесок автора полягає в загальній постановці завдань дослідження гідролізу бурякового жому, технологічних схем процесів виробництва пектину, розробці нового методу аналізу пектинових екстрактів і пектину, визначенні фізико-хімічних характеристик пектинових екстрактів; проведенні лабораторних і виробничих досліджень, обробці результатів дослідження та їх аналізу; розробці технологічних регламентів на виробництво сухого бурякового пектину.

Висновки та рекомендації дисертаційної роботи автор одержала особисто.

Об'єкти і методи досліджень. Об'єктом дослідження роботи є сушений буряковий жом і технологічні процеси гідролізу та екстрагування, спиртового виділення пектину з екстракту.

Достовірність одержаних результатів, висновків та рекомендацій забезпечено застосуванням сучасних методів експериментальних досліджень, математичного моделювання, методів математичної статистики під час планування експериментів та обробці даних, збігом результатів лабораторних і виробничих досліджень.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першій главі подано загальну характеристику рослинної сировини, яка містить пектин, і методів вилучення пектину, розглянуто технологічні схеми і процеси пектинового виробництва, методи їх дослідження та розрахунків, наведено аналіз літературних даних з фізико-хімічних характеристик продуктів пектинового виробництва і методів аналізу пектину.

Аналіз сировини, що містить пектин, виконаний з врахуванням способів добування пектину на основі кислотного гідролізу, вмісту пектину та його якісних показників, дозволяє зробити висновок про доцільність використання сухого бурякового жому як сировини для виробництва пектину.

Під час аналізу способів добування пектинових речовин і технологічного оформлення процесів встановлено, що цілеспрямований вибір технологічних параметрів процесів дозволяє досягти заданих показників по виходу пектину та його якісних характеристик. Оптимізацію процесу гідролізу протопектину бурякового жому доцільно здійснювати методом математичного планування експерименту.

Відсутність експрес-методу аналізу і точних значень фізико-хімічних характеристик для розчинів пектину, одержаних з бурякового жому, обумовили розробку методу аналізу пектину і пектинових екстрактів та дослідження фізико-хімічних характеристик продуктів пектинового виробництва.

З врахуванням вищезазначеного і з метою удосконалення технології та розробки методів розрахунку способів виробництва пектину з бурякового жому визначено завдання дослідження.

У другій главі розглянуто об'єкти досліджень, викладено новий метод аналізу пектину і пектинових екстрактів, визначено їхні фізико-хімічні характеристики.

Аналіз іонуючих методів показав, що більшість з них придатні для аналізу сухого пектину, тривалі за часом, вимагають спеціального устаткування і реактивів, не мають достатньої точності та інформативності.

Для лабораторної практики найбільш прийнятні титриметричний метод та універсальний, розроблений спеціалістами ІОХ АН Киргизстану. Використовуючи позитивні сторони обох методів, розроблено метод, що дозволяє проводити аналізи як сухого пектину, так і його розчинів, незалежно від наявності в них гідролізуючих кислотних реагентів.

Метод дозволяє визначити вміст гідролізуючого реагенту (кислоти), вміст вільних і етерифікованих карбоксильних груп, загальний вміст пектину. Метод має простоту і точність титриметричного методу. Він прийнятний для поточного контролю процесів гідролізу та екстрагування.

Експериментальні дослідження для визначення фізико-хімічних характеристик (густина і в'язкість) пектинових розчинів, одержаних в реальних технологічних режимах, а також розчинів наперед відомого складу, проводили в такому діапазоні змін параметрів: концентрація пектину $\Pi_k = 0,1 - 2,8 \%$, концентрація соляної кислоти $c = 0,056 - 1,5 \%$, температура $t = 20 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Експериментальні дані щодо густини пектинових екстрактів узагальнено у вигляді емпіричного рівняння:

$$\rho = (1,008 - 4 \cdot 10^{-4} t)(1004,94 + 8,93 \Pi_k + 5,6c), \text{ кг/м}^3. \quad (1)$$

На основі експериментальних даних щодо в'язкості пектинових екстрактів розроблено графо-аналітичний метод визначення її на підставі відносної в'язкості (А) (рис. 1).

В'язкість пектинових екстрактів для конкретних умов розраховують за рівнянням:

$$\mu_{\frac{1}{2}}^{\Pi_k} = A \mu_{20}^{1,5}, \text{ н.с/м}^2. \quad (2)$$

Експериментальне значення $\mu_{20}^{1,5}$ для пектину з молекулярною масою 23000-24000 дорівнює $2 \cdot 10^{-2}$ н.с/м².

Результати досліджень показали доцільність введення поняття відносної в'язкості як частки від ділення в'язкості екстракту в конкретних умовах ($\mu_{\frac{1}{2}}^{\Pi_k}$) на в'язкість пектинового екстракту з вмістом пектину 1,5 % при температурі 20 °С

($M_{20}^{1,5}$), що обумовлено необхідністю виключення впливу молекулярної маси пектину на в'язкість його розчинів.

Встановлено, що в умовах реальних технологічних процесів необхідно враховувати вплив температури, концентрації пектину та гідролізуючої кислоти на густину пектинових екстрактів; в'язкість залежить від концентрації пектину в екстракті та його температури і не залежить від концентрації соляної кислоти в досліджуваному діапазоні її зміни.

Розроблені математичні і графічні залежності дозволяють визначити густину і в'язкість пектинових екстрактів у досліджуваному діапазоні значень параметрів. Одержані результати стали основою для розроблення технологічного устаткування.

У третій главі розглянуто і аналітично описано технологічні схеми двох основних технологічних циклів: гідролізу та екстрагування пектину; спиртової обробки пектинового екстракту і коагуляту.

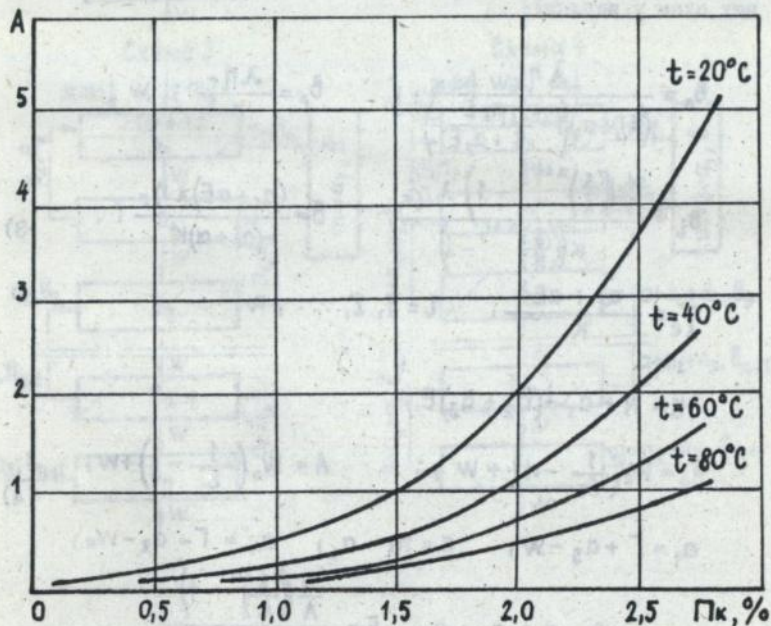


Рис. 1. Залежність відносної в'язкості (A) пектинового екстракту від концентрації пектину (Пк) і температури (t) процесу

Залежно від степеня розділення (W) твердої та рідкої фаз технологічні схеми гідролізу і екстрагування розрізняють з низьким ($W > 6$) і з високим ($W < 6$) степенями розділення фаз.

Схеми з низьким ступенем розділення фаз (рис. 2) відрізняються простотою апаратурного оформлення, вимагають великої кількості ступеней екстрагування і різняться між собою способом використання насиченого екстракту. В схемі 1 насичений екстракт відводять на переробку разом з відокремленим раніше гідролізатом. У схемі 2 насичений екстракт подають у гідролізатор після гідролізу і відокремлюють разом з ним. У схемі 3 насичений екстракт подають в гідролізатор перед гідролізом, де він бере участь у ньому. Схема 4 є комбінованою, яка включає всі елементи розглянутих схем.

На основі матеріальних балансів рідкої фази і розподільного компоненту одержано математичну модель для всіх наведених схем у вигляді:

$$\begin{aligned} \theta_0 &= \frac{\lambda \eta_r}{(A_0 + a_1) \left(1 - \frac{a_2 E}{\kappa + a_2 E} \right)}; & \theta_p &= \frac{\lambda \eta_r}{\kappa}; \\ \theta_i &= \frac{\frac{N}{A} \left(\left(\frac{s}{A} \right)^{n+1-i} - 1 \right) \lambda \eta_r}{\kappa \left(\left(\frac{s}{A} \right)^{n+1} - 1 \right)}; & \theta &= \frac{(a_1 + aE) \lambda \eta_r}{(a_1 + a) \kappa}; \\ \eta_i &= \frac{a_1 + aE}{\kappa}; & i &= 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\kappa = N + a_1 - (a_2 + a_3) E;$$

$$A_0 = W_0 \left(\frac{1}{\varepsilon_0} - 1 \right) + W; \quad A = W_0 \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) + W; \quad (4)$$

$$a_1 = \Gamma + a_3 - W; \quad a = m - a_1; \quad a_4 = \Gamma - a_2 - W_n;$$

$$s = a + a_2 + a_3; \quad E = \frac{\frac{N}{A} \left(\left(\frac{s}{A} \right)^n - 1 \right)}{\left(\frac{s}{A} \right)^{n+1} - 1}$$

$N = A_0$ для схем 1 і 3;

$N = A$ для схем 2 і 4.

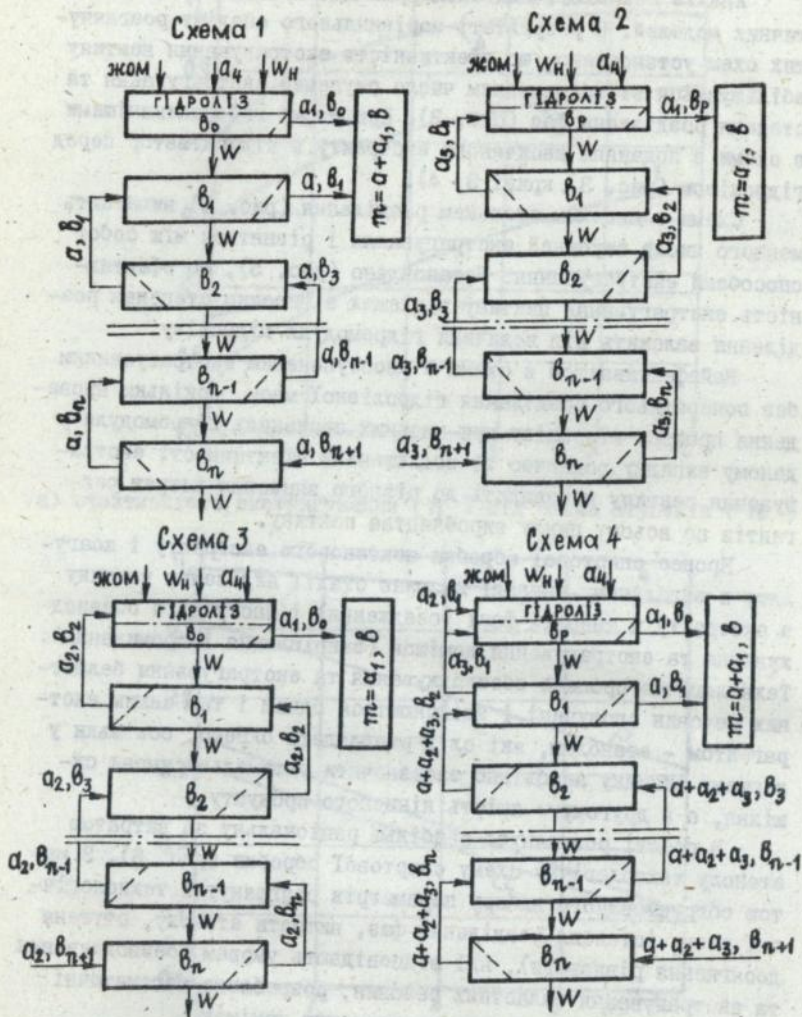


Рис. 2. Технологічні схеми гідролізу та екстрагування при низькому степені розділення

Аналіз технологічних схем проводили за допомогою математичних моделей. В результаті порівняльного аналізу розглянутих схем встановлено, що ефективність екстрагування пектину збільшується зі збільшенням числа ступеней екстрагування та ступеня розділення фаз (рис. 3). При цьому найефективнішими є схеми з поданням насиченого екстракту в гідролізатор перед гідролізом (рис. 3, криві 3, 4).

Схеми з високим ступенем розділення (рис. 4) вимагають меншого числа ступеней екстрагування і різняться між собою способами екстрагування. Встановлено (рис. 5), що ефективність екстрагування пектину в схемах з високим ступенем розділення залежить від величини гідромодуля гідролізу.

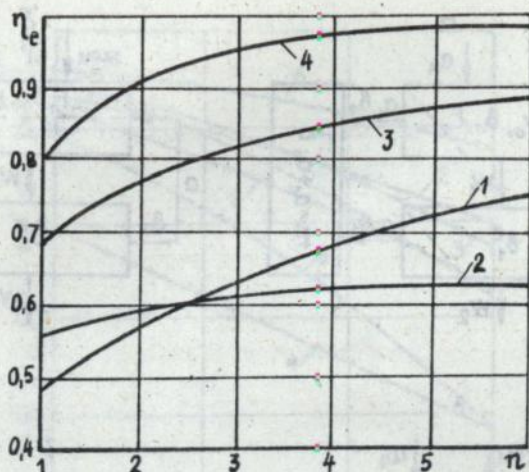
Найефективнішою є схема з двоступеневим екстрагуванням без попереднього розділення гідролізованої маси, оскільки проведення процесу гідролізу при низьких значеннях гідромодуля у даному випадку водночас зі збільшенням ефективності екстрагування пектину призводить до різкого зниження витрат реагентів по всьому циклу виробництва пектину.

Процес спиртової обробки пектинового екстракту і коагуляту в загальному вигляді включає стадії виділення пектину з екстракту в твердій фазі (осадження) і наступного обезводжування та екстрагування домішок (закріплення і промивання). Технологічно процеси обезводжування та екстрагування баластних речовин сполучені і здійснюються одним і тим самим екстрагентом – етанолом, які слід розглядати окремо, оскільки у першому випадку необхідно забезпечити оптимальні умови сушіння, а в другому – якість кінцевого продукту.

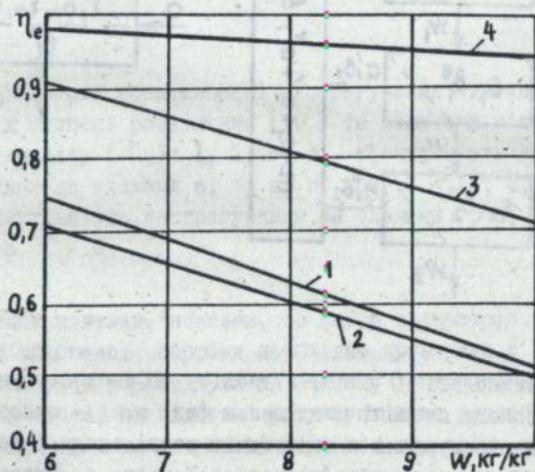
В роботі розглянуто найбільш раціональну за витратами етанолу технологічну схему спиртової обробки (рис. 6). З метою обґрунтованого вибору параметрів розглянутої технологічної схеми (ступеня розділення фаз, витрати етанолу, ступеня досягнення рівноваги), які відповідають умовам обезводжування та екстрагування баластних речовин, розроблено математичні моделі обезводжування та екстрагування домішок.

Оцінку впливу параметрів процесу спиртової обробки на ступінь очищення пектину від домішок запропоновано проводити на основі відносної масової концентрації баластних речовин у кінцевому продукті.

Порівняльний аналіз процесів обезводжування та екстрагування баластних речовин, проведений на основі розроблених



а) ефективність екстрагування (η_e) від числа ступенів (n)



б) ефективність екстрагування (η_e) від ступені розділення (W)

Рис.3. Залежність ефективності екстрагування пектину від основних параметрів: 1 - схема 1; 2 - схема 2; 3 - схема 3; 4 - схема 4

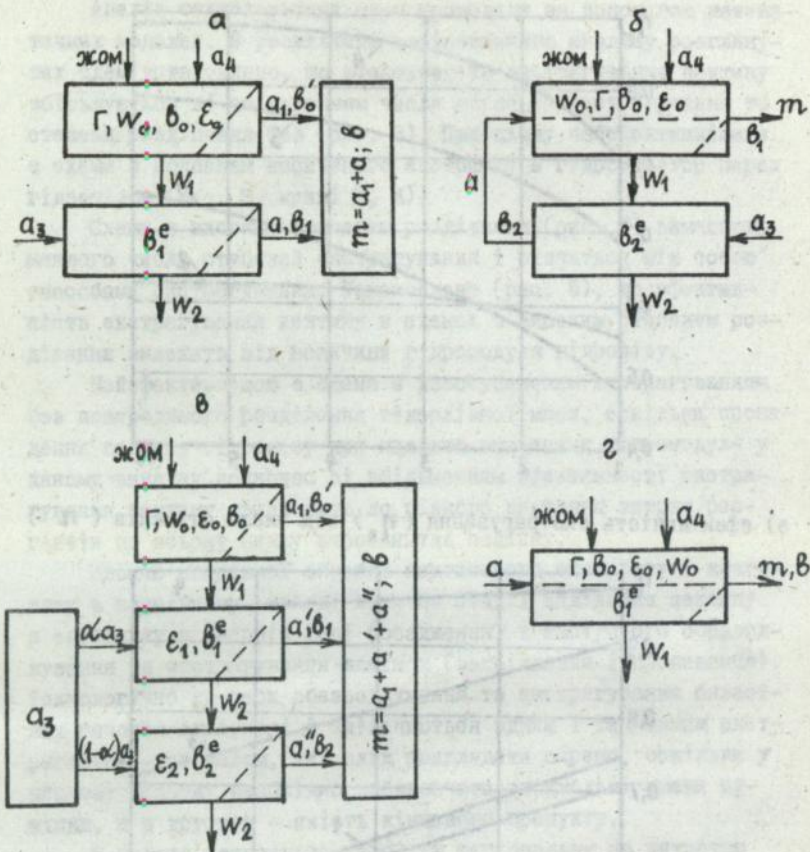


Рис. 4. Технологічні схеми гідролізу та екстрагування при високому степені розділення фаз: а, г - одноступеневе екстрагування з попереднім розділенням і без попереднього розділення гідролізу маси; б - двоступеневе екстрагування без попереднього розділення гідролізу маси; в - двоступеневе послідовне екстрагування водою з попереднім розділенням гідролізу маси

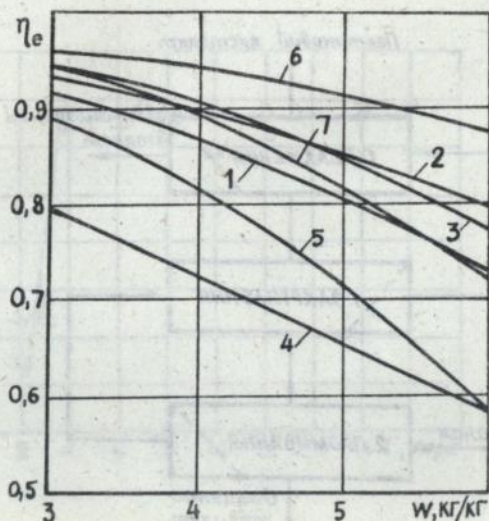


Рис.5. Залежність ефективності екстрагування пектину (η_e) від степені розділення (W) та величини гідромодуля гідролізу (Γ): 1, 2, 3, 4 - ефективність екстрагування за схемами а, б, в, г при $\Gamma = 12$; 4, 5, 6, 7 - ефективність екстрагування за схемами г, а, б, в при $\Gamma = 6$

математичних моделей, показав, що вибір параметрів технологічної схеми спиртової обробки необхідно проводити з одночасним врахуванням умов обезводжування пектину і відмивання домішок.

Таким чином, на підставі розрахунків за розробленими математичними моделями технологічних схем гідролізу та екстрагування виявлено резерви у підвищенні ефективності технології пектинового виробництва шляхом проведення процесів гідролізу при малих значеннях гідромодуля.

Для досягнення якісних показників пектину за ступенем його чистоти необхідно встановлювати параметри спиртової об-

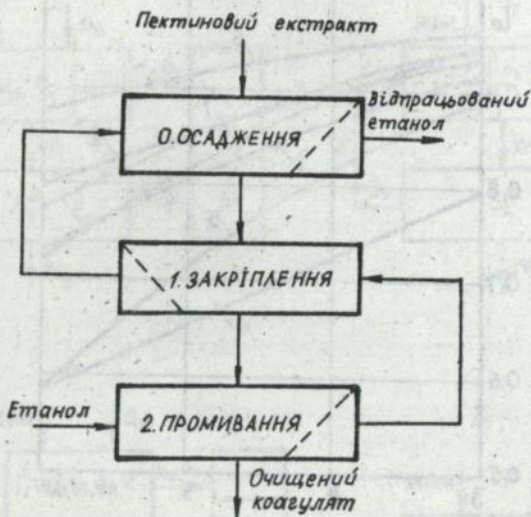


Рис. 6. Технологічна схема спиртової обробки пектину

робки пектинового коагуляту з врахуванням умов обезводжування пектину і відмивання домішок.

У четвертій главі наведено результати досліджень процесу гідролізу бурякового жому при малих значеннях гідромодуля та його оптимізації на основі планування експерименту.

Дослідження по визначенню мінімального значення гідромодуля гідролізу проводили на двох видах сировини - неподрібненому і подрібненому сухому буряковому жомі.

Проведені лабораторні дослідження впливу виду сухого бурякового жому та гідромодуля гідролізу на вихід пектину і його фізико-хімічні показники дозволили встановити, що якісні характеристики пектину не залежать від величини гідромодуля гідролізу і виду бурякового жому, а вихід пектину різко знижується при значеннях гідромодуля гідролізу менше 4-х (рис. 7).

З метою визначення можливості виробничої реалізації процесу гідролізу з малим значенням гідромодуля було прове-

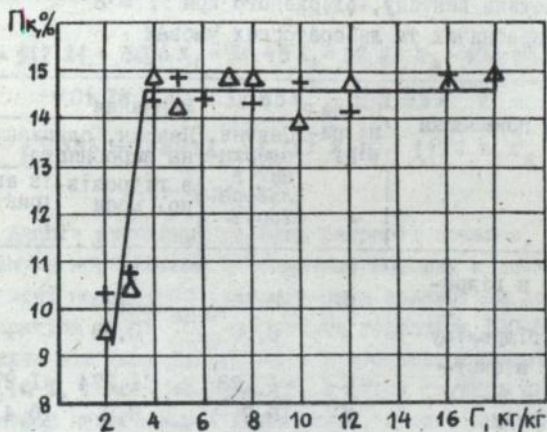


Рис. 7. Залежність виходу пектину (P_k) від величини гідромодуля гідролізу (Γ) бурякового жому: Δ - сухий неподібнений розсипчастий жом; $+$ - сухий подрібнений жом

дено виробничі випробування процесу гідролізу на Гайсинському дослідно-промисловому пектиновому заводі. Для технологічної оцінки режимів було проведено досліді по гідролізу протопектину бурякового жому в лабораторних умовах при параметрах виробничого процесу.

На основі аналізу експериментальних даних (табл. I) встановлено, що процес гідролізу з малим значенням гідромодуля та екстрагування пектину у виробничих умовах протікає ідентично лабораторним.

З метою оптимізації процесу гідролізу було використано статистичні методи планування експерименту:

1. Планування і проведення досліджень на базі повного факторного плану і крутого підйому в область оптимальних значень желючої здатності.

2. Дослідження області оптимуму за допомогою рівнянь регресії другого порядку на базі експериментальних планів.

Таблиця I

Характеристика пектину, одержаного при $\Gamma = 6$
у виробничих та лабораторних умовах

№ п/п	Найменування показника	Одини- ці ви- міру	Значення		
			Пектин, одержаний в лабораторії	Пектин, одержаний на виробництві	
				з гідролізо- ної маси	з екст- ракту
I.	Вміст пектину в гідролізаті	%	3,26	3,26	-
2.	Ефективність гідролізу	-	0,90	0,86	-
3.	Вміст пектину в екстракті	%	1,223	1,274	1,274
4.	Вологість пектину	%	15,2	9,8	10,4
5.	Міцність 2% стандартного желе	мм рт.ст.	560,0	493,2	422,0
6.	Вміст баластних речовин	%	16,8	16,1	15,7
7.	Вміст вільних карбоксильних груп	%	9,2	10,8	10,7
8.	Вміст метоксильованих карбоксильних груп	%	11,6	9,3	9,4
9.	Ступінь метоксильованості	%	55,8	47,0	46,8
10.	Вміст метоксильних груп	%	8,0	6,4	6,4
11.	Вміст пектину в промитому порошку	%	84,8	81,5	80,9
12.	Вміст пектину в досліджуваному порошку	%	70,6	72,2	68,1

3. Визначення зв'язку будови пектину з желючою здатністю.

В результаті обробки експериментальних даних було одержано математичні моделі для всіх контролюючих вихідних величин: желючої здатності, виходу полігалактуранової кислоти, молекулярної маси, вмісту пектину у початковому і промитому порошку пектину, вмісту метоксильних і метоксильованих карбоксильних груп, ступеня метоксильовання, вмісту вільних карбоксильних груп, ступеня ацетилювання і вмісту безводного баласту.

Рівняння регресії для желючої здатності (y_1) і виходу полігалактуронової кислоти (y_2) такі:

$$y_1 = 512,21 + 50,6 x_1 - 34,45 x_2 + 52,26 x_3 - 106,95 x_1 x_2 - (5) \\ - 101,78 x_1 x_3 - 52,85 x_1^2 - 109,95 x_2^2 ;$$

$$y_2 = 13,336 + 0,841 x_2 - 1,737 x_1 x_2 - 1,197 x_1 x_3 - (6) \\ - 1,313 x_1^2 .$$

Аналіз одержаних рівнянь регресії показав, що вміст пектину в початковому і промитому порошку в дослідженому діапазоні параметрів (концентрація соляної кислоти 1,7-4,1 %, температура 40-70 °С, тривалість гідролізу 120-360 хв.) не залежить від умов гідролізу і становить, відповідно, 60,72 % і 80,14 %, кількість баласту, а також ступінь ацетилювання лишаються незмінними і становлять, відповідно, 6,52 % і 0,132 %. Визначено сполучення значень параметрів гідролізу (концентрація гідролізуючого реагенту, температура і час гідролізу), які дозволяють одержати пектин з підвищеною желючою здатністю (в середньому на 40 %). Одержані математичні моделі процесу гідролізу дозволяють керувати технологічним процесом в обраному напрямку.

Для оцінки зв'язку будови пектину з желючою здатністю було виконано попарний кореляційний аналіз. На основі результатів кореляційного аналізу встановлено відсутність залежності між окремо взятими фізико-хімічними показниками пектину (молекулярна маса, вміст метоксильованих і вільних карбоксильних груп) та його желючою здатністю.

У п'ятій главі наведено дані з практичного використання результатів дисертаційної роботи. Одержані результати використовували в умовах промислового освоєння технології одержання пектину з сухого бурякового жому на Гайсинському дослідно-промисловому пектиновому заводі, під час розробки технологічних регламентів, устаткування і проведенні технологічних процесів у виробничих умовах, для контролю напівпродуктів і продуктів пектинового виробництва.

З метою удосконалення технології одержання пектину з бурякового жому розроблено способи та апаратурно-технологічну схему, що передбачають проведення процесу гідролізу з

малим значенням гідромодуля, підвищення ефективності процесів екстрагування пектину, спиртової обробки, зниження затрат етанолу, які були використані під час розробки технологічних регламентів на виробництво сухого бурякового пектину. На запропоновані способи одержано А.с. № І676244, позитивне рішення на винахід № 490І098/05/004040 від 09.0І.9І р.

На підставі результатів досліджень розроблено також технічні завдання на технологічне устаткування пектинового виробництва для основних технологічних процесів: підготовки сухого бурякового жому до гідролізу, гідролізу та екстрагування.

Використання розроблених способів дозволяє скоротити витрати хімічних реагентів, збільшити вихід і покращити якість готового продукту.

Порівняльні значення витрат сировини, реагентів і матеріалів на І т пектину в існуючій технології та удосконаленій на підставі проведених досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

№ пп	Найменування показника	Одиниця виміру	Витрати	
			в існуючій технології	в удосконаленій технології
1.	Сухий буряковий жом	т	9,9	6,8
2.	Соляна кислота (30 %)	т	5,2	1,8
3.	Аміак водняний (25 %)	т	2,5	0,9
4.	Сода кальцинована	т	0,3	0,1
5.	Етиловий спирт (96 %)	дал	400,0	97,4

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі результатів лабораторних, експериментальних досліджень фізико-хімічних властивостей пектину і пектинових екстрактів, математичного моделювання, аналізу процесів одержання пектину і виробничих випробувань гідролізу та екстрагування пектинових речовин удосконалено технологію вилучення пектину з бурякового жому.

1. Розроблено метод аналізу якісних і кількісних показників пектину і пектинових екстрактів, який дозволяє визначити вміст гідролізуючої кислоти, полігалактуронової кислоти, вміст етерифікованих і вільних карбоксильних груп і дає змогу здійснювати поточний контроль якості пектину на стадіях переробки без виділення пектину з екстракту.

2. Визначено фізико-хімічні характеристики пектинових екстрактів у діапазоні зміни концентрацій пектину 0,1... 2,8 %, соляної кислоти 0,056...1,5 % і температури 20...80°C. Одержано математичні залежності для визначення фізико-хімічних характеристик пектинових екстрактів у досліджуваному діапазоні зміни технологічних параметрів.

3. Досліджено технологічні схеми виробництва пектину на стадіях гідролізу, екстрагування, спиртового осадження та обезводжування пектину, при цьому:

3.1. Розроблено математичні моделі технологічних схем, завдяки яким відбирають найраціональніші варіанти і параметри технології виробництва пектину.

3.2. Встановлено, що ефективність екстрагування пектину залежить від технологічних параметрів процесів. Ступінь впливу параметрів визначають технологічною схемою. Матеріальні потоки її розраховують на основі розроблених математичних моделей.

3.3. Встановлено, що вибір технологічних параметрів на стадії спиртової обробки пектинових екстрактів необхідно проводити з врахуванням умов обезводжування пектину та екстрагування домішок.

3.4. Теоретично й експериментально доведено, що з метою якісного очищення пектину та зниження витрат етанолу необхідно застосовувати глибокий розподіл фаз на всіх ступенях спиртової обробки пектиновмісних мас.

3.5. Запропоновано оцінку ефективності екстрагування баластних речовин проводити шляхом визначення відносної концентрації баластних речовин у кінцевому продукті.

4. Виявлено технологічні резерви підвищення ефективності технології пектинового виробництва шляхом проведення процесу гідролізу при малих значеннях гідромодуля. Зниження величини гідромодуля з 12 до 6 дозволяє істотно (до двох разів) скоротити витрати хімічних реагентів з одночасним

збільшенням виходу пектину до 10 %. Мінімальне чисельне значення гідромодуля під час гідролізу протопектину соляною кислотою дорівнює 4. Подальше його зниження призводить до зниження виходу цільового продукту.

5. Визначено поєднання і знайдено математичні залежності чисельних значень режимних параметрів гідролізу бурякового жому, що дозволяє одержати пектин з підвищеною желюючою здатністю.

6. Одержано рівняння регресії, які описують область оптимуму і дозволяють цілеспрямоване проведення технологічного процесу в напрямку одержання пектину з заданими властивостями.

7. Встановлено, що окремо взяті фізико-хімічні показники пектину не можуть бути застосовані для оцінки драглеутворюючої здатності бурякового пектину.

8. Розроблено початкові вимоги для технічних завдань на проектування технологічного устаткування пектинового виробництва.

9. Розроблено і затверджено технологічні регламенти на виробництво пектину з бурякового жому.

Передбачуваний економічний ефект від впровадження результатів роботи під час промислового освоєння виробництва пектину потужністю 500 т на рік становить 1,029 млн. крб. (за цінами на 1990 рік).

ПОЗНАЧЕННЯ

a_4 - кількість рідини, що подають на гідроліз для забезпечення заданого значення гідромодуля, кг/кг; W_0 - кількість внутрішньоклітинної рідини, вираженої як відношення її маси до маси абсолютно сухого жому, кг/кг; W - ступінь розділення, виражений як відношення маси рідкої фази суміші до маси абсолютно сухого жому, що надійшла на гідроліз, кг/кг; ϵ_0, ϵ - ступінь досягнення рівноваги, відповідно, під час гідролізу і ступеня екстрагування, виражений через відношення концентрацій розподільного компоненту у вільній і внутрішньоклітинній рідині; Γ - гідромодуль гідролізу, виражений як відношення маси рідкої фази до початкової маси абсолютно сухого жому, кг/кг; a_1, a_3 - кількість насиченого екстракту, що подається в гідролізатор, відповідно,

перед і після гідролізу на одиницю маси абсолютно сухого жому, кг/кг; η_2 - ефективність процесу гідролізу, виражена як відношення маси протопектину, переведеного в розчинну форму до його вмісту в початковій масі абсолютно сухого жому, кг/кг; λ - вміст протопектину в абсолютно сухому буряковому жомі, %; a, a_1 - кількість екстракту, яку відбирають на виробництво, відповідно, з першого ступеня екстрагування і гідролізатора з одиниці маси абсолютно сухого жому, кг/кг; m - загальна кількість пектинового екстракту, який відбирають на виробництво з одиниці маси абсолютно сухого жому, кг/кг; $\delta_o, \delta_p, \delta_i$ - концентрація розподільного компонента у вільній рідині, відповідно, наприкінці гідролізу, на стадії відділення гідролізату і на i -му ($i = 1, 2, \dots, n$) ступені екстрагування, %; W_H - кількість води, що припадає на один кілограм абсолютно сухого жому, кг/кг.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Киореску Е.Н., Мамон Л.М., Слободян О.П. Совершенствование технологии производства пектина на Гайсинском заводе. - М.: АгроНИИТЭИП, 1988. - Вып. 5. - 28 с.
2. Определение желирующих и балластных веществ в пектиновом экстракте / Г.С. Мельник, О.П. Слободян, Е.Н. Киореску и др. // Пищевая промышленность. - 1988. - № 9. - С. 58.
3. Оптимальные параметры процесса набухания / Е.Н. Киореску, Е.В. Яровая, О.П. Слободян и др. // Пищевая промышленность. - 1988. - № 8. - С. 34-35.
4. А.с. № 1507293 (СССР). Способ производства пектина из свекловичного жома / Н.С. Карпович, В.К. Супрунчук, Е.Н. Киореску, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Е.В. Яровая, О.П. Слободян и др. // Б.И. - 1989. - № 34.
5. А.с. № 1762322 (СССР). Способ производства фруктового полуфабриката / И.С. Крыжановский, О.П. Слободян, Е.Н. Киореску // Б.И. - 1990. - № 29.
6. А.с. № 1650064 (СССР). Способ получения пищевого пектина из сухого свекловичного жома / Н.С. Карпович, Н.П. Роменский, Е.Н. Киореску, Б.Н. Шарик, О.П. Слободян и др. // Б.И. - 1991. - № 19.

7. А.с. № 1676244 (СССР). Способ получения пектина / А.А. Сенников, В.К. Супрунчук, Н.С. Карпович, А.Н. Норенко, В.П. Ярьсько, О.П. Слободян и др. // - ДСП.

8. Способ получения пектина / А.А. Сенников, В.П. Ярьсько, В.К. Супрунчук, О.П. Слободян и др. // Положительное решение ВНИИПЭ о выдаче патента на заявку № 4901098 (05) 004040 от 09.01.91.

9. Ярьсько В.П., Бершицкая Е.Ф., Слободян О.П. Математическое моделирование процесса обезвоживания пектина. - Деп. в АгроНИИТЭИПП. - 30.10.90 г., № 2328.

10. Расчет продуктов и параметров производства пектина из свекловичного жома / В.П. Ярьсько, О.П. Слободян, Е.Ф. Бершицкая и др. // Деп. в АгроНИИТЭИПП. - 31.10.90 г., № 2330.

11. Слободян О.П., Ярьсько В.П., Бершицкая Е.Ф. Анализ технологических схем процессов экстрагирования пектина из гидролизованного свекловичного жома при высокой степени разделения. - Деп. в АгроНИИТЭИПП. - 01.11.90 г., № 2333.

12. Сравнительная оценка технологических схем процессов гидролиза и экстрагирования в производстве пектина / В.П. Ярьсько, О.П. Слободян, В.К. Супрунчук и др. // Деп. в АгроНИИТЭИПП. - 11.11.90 г., № 2336.

13. Повышение эффективности процесса экстрагирования пектина / Н.В. Погорелова, Л.В. Зоткина, В.П. Ярьсько, О.П. Слободян // Тез. докл. республ. н.-т. конф. "Интенсификация технологии и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК". - Киев, 1989. - С. 45.

14. Слободян О.П., Яровая Е.В. Влияние процессов подготовки свекловичного жома на качество пектинового экстракта // Тез. докл. Всесоюз. конф. мол. ученых и спец. "Совершенствование технологических процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок". - Киев, 1989. - С. 74.

15. Слободян О.П., Яровая Е.В. О студнеобразующем полуфабрикате, полученном из порошка яблочных выжимок / Тез. докл. см. п. 14. - С. 80.

16. Яровая Е.В., Слободян О.П. Исследование основных процессов производства свекловичного пектина / Тез. докл. конф. мол. ученых и спец. по пищевой биотехнологии. М., 1989. - С. 30-31. - ДСП.

17. К вопросу об организации производства сушеного свекловичного жома и переработки его на пектиновых заводах / А.А. Сенников, В.К. Супрунчук, В.П. Яресько, О.П. Слободян // Тез. докл. н.-п. конф. "Научно-технический прогресс и распространение передового опыта перерабатывающих отраслей промышленности". - Киев, 1990. - С. 67.

18. Яресько В.П., Сизько В.Б., Слободян О.П. Особенности сушки свекловичного пектина / Тез. докл. см. п. 17. - С. 108-109.

19. Яресько В.П., Слободян О.П., Бершицкая Е.Ф. Математическое моделирование процессов обезвоживания пектина и экстрагирование примесей / Тез. докл. см. п. 17. - С. 48-49.

20. Исследование влияния параметров гидролиза свекловичного жома на выход и качественные показатели пектина / В.П. Яресько, О.П. Слободян, В.А.Мирошник и др. // Тез. докл. н.-т. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК". - Киев, 1991. - С. 32.

21. Слободян О.П., Яресько В.П., Бершицка О.Ф. Дослідження фізичних властивостей промислових розчинів пектину / Тез. доп. міжн. н.-т. конф. "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі промисловості". - Київ, 1993. - С. 107.

А Н Н О Т А Ц И Я

Слободян О.П. Совершенствование технологии и разработка методов расчета способов производства пектина из свекловичного жома.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 - Технология сахара и сахаристых веществ, Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1994 г.

Защищается диссертация, содержащая результаты теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию технологии пектина из свекловичного жома. Разработаны математические модели технологических схем гидролиза и экстрагирования, спиртовой обработки пектинового коагулята. Предложен способ гидролиза свекловичного жома с малым значением гидромодуля и разработан метод анализа пектина и пектиновых экстрактов. Результаты исследований использованы при разработке технологических регламентов на производство пектина и технических заданий на проектирование оборудования.

A N N O T A T I O N

Slobodyan O.P. Perfection of Technology and Working out of Calculation Methods of Pectin Production modes from Beet Bagasse.

Thesis for a candidate's degree of technical science on speciality 05.18.05 - Technology of Sugar and Sugary Substances, Ukrainian State University of food technologies, city of Kiev, the year 1994.

The thesis which is defended contains the results of theoretical and experimental researches for technology perfection of pectin production from beet bagasse. Mathematical models of technological schemes of hydrolysis and extraction, of alcoholic processing of pectin coagulant are worked out. Mode of hydrolysis of beet bagasse with little magnitude of hydromodulus is offered, and method of analysis of pectin and pectin extracts is worked out. The results of researches are used at working out of technological regulations of pectin production and technical specifications for design of equipment.

Ключові слова: пектин, буряковий жом, гідроліз, екстрагування.

Пект

Підп. до друку 28.1096. . Формат 60×84¹/₁₆.
Папір друк. № 3. Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 1.35 .
Умовн. фарбо-відб. 1.50 . Обл.-вид. арк. 10 .
Тираж 100 . Зам. № 4-5323

Фірма «ВІПОЛ»
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

AB 31.247

AB 31.247