

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

ВАСИЛИК ОЛЬГА ІВАНІВНА

РОЗРОБКА ДИФУЗІЙНОГО СПОСОБУ ВИЛУЧЕННЯ ЕКСТРАКТИВНИХ  
РЕЧОВИН ТОПІНАМЕБУРА

Спеціальність 05.08.05. – Технологія цукру та цукристих речовин

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата  
технічних наук

Київ - 1994



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українськ

харчових технологій

Наукові керівники: д.т.н., професор, академік

АН України Л.Д.Бобрівник

д.т.н., професор

М.М.Пушанко

Офіційні опоненти: д.т.н., академік АН України

М.С.Карпович

к.т.н., пров. наук. співроб.

Інститута харчової хімії та

технології Т.Л.Баленко

Провідна організація: Укоопспілка

Захист відбудеться "29" червня 1994р.

в 11<sup>00</sup> годин на засіданні спеціалізованої ради

Д 068.17.01 Українського державного університету

харчових технологій по адресу : 252017, м.Київ -17,

вул.Володимирська, 68, ауд. A-311

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці  
університету.

Автореферат розісланий "27" травня 1994 р.

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним завданням, що стоїть перед галузями харчової промисловості є забезпечення населення продуктами харчування високої якості, широкого асортименту, підвищеної біологічної цінності. Необхідність якісного і кількісного розширення продуктів профілактичного і дієтичного харчування значною мірою визначається збільшенням рівня захворювань атеросклерозом, цукровим діабетом, та іншими хворобами, що пов'язані з порушенням обміну речовин в організмі людини. Цукровий діабет у зв'язку з тяжкими інвалідуючими наслідками і смертністю від судинних ускладнень у наш час перетворився в медико-соціальну проблему. Для успішного лікування хворих на цукровий діабет одною з важливіших умов є раціональне дієтичне харчування, це особливо важливо для хворих дітей. У зв'язку з цим, пошук нових нетрадиційних продуктів харчування для життєзабезпечення хворих стає важливою державною проблемою.

Одним з джерел сировини для розширення асортименту профілактичних, дієтичних продуктів харчування і лікувальних препаратів може бути топінамбур. Унікальний хімічний склад, значна місткість інуліну, фруктанів і фруктози, наявність багатого вітамінного і мінерального складу відкриває великі перспективи використання топінамбуру у харчовій і фармацевтичній промисловості.

Багаторічні дослідження, виконані в Українському державному університеті харчових технологій, під керівництвом академіків Гулого І.С. і Бобрівника Л.Д. разом з науково-дослідним інститутом ендокринології та обміну речовин Мінздрава України, Московським інститутом харчування АМН Росії довели можливість створення нових харчових продуктів і напоїв дієтичного і лікувального призначення на основі топінамбура для боротьби з ендокринно-обмінними захворюваннями і посиленням захисних функцій організму. В цих роботах брали участь і внесли значний вклад к.т.н. Ремесло Н.В., Федоренченко Л.О. та інші.

Продукти переробки топінамбура використовують для виробництва дієтичних, кисло-молочних продуктів, а також хліба, хлібо-булочних, кондитерських виробів, плодово-овочевих та молочних концентратів, напоїв тощо.

Треба зазначити, що топінамбур є нетрадиційною сировиною для промислової переробки. Обсяг наукових досліджень по проблемі топінамбура надзвичайно недостатній. Промислова переробка топінамбура знаходиться в стадії організації дослідно-промислових виробництв.

Мета роботи полягає в аналітичному та експериментальному дослідженні фізико-хімічних і технологічних якостей тканини бульби топінамбуру; у вивченні впливу основних режимних факторів на процес екстрагування розчинних речовин топінамбура та його удосконалення; надання рекомендацій для проведення процесу вилучення вуглеводного комплексу у промислових екстраційних апаратах.

Відповідно до мети визначені наступні завдання роботи:

- вивчити фізико-хімічні якості тканини бульби топінамбура;
- дослідити дифузійний перенос розчинних речовин, а також вуглеводного комплексу в інтервалі температур 50-90°C;
- дослідити дифузійний перенос розчинних речовин, а також вуглеводного комплексу у середовищі з рН 3,0...6,2;
- дослідити тривалість екстрагування розчинних речовин, а також вуглеводного комплексу у середовищі з рН 3,0...6,2 у інтервалі температур 70...90°C;
- дослідити якість дифузійних соків, отриманих в процесі екстрагування;
- провести статистичну обробку результатів досліджень і зробити розрахунки параметрів математичних моделей процесу екстрагування розчинних речовин;
- розробити технологічні режими отримання соку з топінамбуру дифузійним способом.

Наукова новизна роботи. На основі результатів аналітичних,

експериментальних досліджень та виробничої перевірки запропоновано спосіб отримання соку топінамбуру дифузійним методом, встановлено технологічні параметри процесу і отримано новий продукт, що містить інулін, фруктани, фруктозу. З них є новими:

- електронномікроскопічні дослідження кліткової структури тканини бульб топінамбура;
- технологічні параметри вилучення розчинних речовин топінамбура методом екстрагування;
- локальні коефіцієнти дифузії розчинних речовин топінамбура у залежності від параметрів процесу екстрагування;
- математичні моделі процесу екстрагування розчинних речовин топінамбура та моделі, що характеризують доброякісність екстрактів.

Захищаються наступні основні положення:

1. Бульби топінамбура є високоякісною вуглеводомісткою сировиною для промислової переробки з метою одержання харчових продуктів, та біологічно-активних речовин для лікувального і профілактичного харчування.

2. Тканинам бульб топінамбура, як і іншим тканинам рослинної сировини притаманні фізико-хімічні зміни у процесі теплової обробки і впливу реакції рН середовища.

3. Початкова підготовка бульб топінамбура і застосування до них спеціальних технологічних способів обробки дозволяють досягати необхідних параметрів вилучення корисних речовин методом екстрагування у системі стружка топінамбура - екстрагент.

Практична цінність роботи. Висновки та рекомендації дисертаційної роботи знайшли практичне застосування і використані для інтенсифікації процесу екстрагування розчинних речовин, а також вуглеводного комплексу з топінамбура в промисловому екстракторі. Запропонована технологія отримання соку з топінамбуру дифузійним способом пройшла у квітні 1994р. виробничу апробацію на Хороль-

ському консервному заводі і прийнята до впровадження. Практична значимість роботи визначається також направлєністю її результатів на вирішення гострих соціальних задач, зумовлєних збільшенням рівня захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин населення України.

Вірогідність роботи. Вірогідність отриманих результатів, висновків та рекомендацій забезпечено застосуванням сучасних методів досліду, та статистичної його оцінки, підтверджуються відповідністю результатів лабораторних і виробничих випробувань.

Особистий внесок автора полягає в загальному визначенні завдань дослідження, проведенні аналітичної та експериментальної роботи, їх аналізу, та узагальненні. Брала участь у практичній реалізації результатів роботи. Висновки та рекомендації дисертаційної роботи отримані автором особисто.

Апробація роботи. Основний зміст дисертаційної роботи доповідався і обговорювався на 11 Всесоюзній науково-виробничій конференції "Топинамбур и топинамбур-проблеми возделывания и использования" (Іркутськ, 1990р.); Всесоюзному семінарі "Технология производства безалкогольных и порошкообразных напитков" (Рига, 1990р.); 11 Всесоюзній науковій конференції "Проблеми впливання теплової обробки на пищевую ценность продуктов питания" (Харьків, 1990р.); Республіканській конференції "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК" (Київ, 1991р.); Науковій конференції, присвяченій 60-річчю МТХП "Научное обеспечение, хранения и переработки растительного сырья в пищевой промышленности (Москва, 1991р.); International organic solvent extraction conference" (Voronezh-1992); Міжнародній науково-технічній конференції "Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну галузі АПК" (Київ, 1993).

Тематика досліджень входила до планів науково-дослідних

робіт ПНДІ УДУХТ, які були складовою частиною програми "Створити та освоїти технологічні процеси отримання фруктових сиропів, пюре, порошоків із топінамбура для виробництва лікувально-дієтичних продуктів і лікувальних препаратів цільового призначення", ГЗН 02.04. Постанова Ради Міністрів УРСР №340 від 22.11.88р.

Дисертаційна робота виконувалась в ПНДІ УДУХТ і на Хорольському консервному заводі.

Публікації. Основні теоретичні і експериментальні результати дисертації опубліковані у 21 друкованій роботі, а також 6 статтях та 15 тезах доповідей на конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складає вступ, 5 розділів, висновки та рекомендації, список бібліографічних посилань та додатків. Робота викладена на 186 сторінках машинописного тексту, містить 28 малюнків, 20 таблиць, включає 152 бібліографічних посилання на вітчизняні та іноземні джерела.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ "Стан теорії та техніки екстрагування вуглеводів з тканини корнеплодів та бульб" охоплює аналіз літературних джерел різноманітних аспектів досліджень по темі дисертації. Проаналізовані морфологічні особливості будови рослинної тканини бульб. Зазначені фізико-хімічні особливості накопичення вуглеводного комплексу у клубнях топінамбура. Охарактеризовані основні способи вилучення розчинних речовин з корнеплодів та бульб: пресовий та дифузійний. Наведене сучасне уявлення про екстрагування розчинних речовин з рослинної сировини. Розглянуті технологічні способи вилучення соку з бульб топінамбура, які застосовуються на підприємствах Західної Європи та Канади.

На основі проведеного аналізу сформульовані мета та задачі досліджень.

У другому розділі "Об'єкти та методи досліджень" розглянуті

об'єкти досліджень - стружка топінамбуру, віджатиї клітинний сік до та після екстрагування і отриманий в процесі екстрагування екстракт, та методи їх аналізу.

У роботі використані бульби топінамбура сорта "Інтерес", що був вирощений в умовах Панфіловської дослідної станції. Бульби були викопані на початку листопада і закладені на зберігання на овочевій базі. Зберігання здійснювалося в умовах модифіцированого газового середовища, що розробила Степанець Л.Ф. Для кожної серії дослідів зі сховища відбирали партії бульб топінамбура. Якість використаної сировини характеризувалося наступними основними показниками:

-вміст розчинних сухих речовин що складав 24-29%;

-вміст високомолекулярних фруктанів 67-83% від загальної місткості вуглеводів.

Якість соку та екстракту з топінамбура визначали по місткості сухих розчинних речовин та вуглеводного комплексу, а також по доброякісності кліткового та дифузійного соку, екстракту та рН середовища (вуглеводний комплекс - сумарна місткість інуліна, фруктанів і фруктози).

Вміст розчинних речовин визначали рефрактометричним методом. Концентрацію вуглеводного комплексу у клітинному соці та екстракті визначали за методикою В.Н.Хрустальної. В основі цього методу лежить окислювально-відновлювальна реакція між вуглеводами і фосфорномолібденовою кислотою з утворенням синього розчину фосфорномолібденового комплексу. Інтенсивність забарвлення пропорційно концентрації вуглеводів. Реакція відбувається при нагріванні в присутності ортофосфорної кислоти. Кислотність реакційної суміші та її нагрівання створюють умови для гідролізу інуліна та фруктанів до фруктози.

Доброякісність клітинного соку та екстракту визначали за формулою 1, (%):

$$D\sigma = \frac{C_{BK}}{pp} 100, \% \quad /1/$$

де:  $C_{BK}$  - концентрація вуглеводного комплексу;  
 $pp$  - концентрація розчинних сухих речовин.

Ефект очищення на дифузії визначали за формулою 2, %:

$$E_{\Phi} = 100 \left[ 1 - \frac{(100 - D\sigma_2) \cdot D\sigma_1}{(100 - D\sigma_1) \cdot D\sigma_2} \right] \quad /2/$$

де:  $D\sigma_1$  і  $D\sigma_2$  - доброякісність клітинного та дифузійного соків.

Дослідження структурних змін клітин топінамбура проводили електронномікроскопічним методом. Коефіцієнт дифузії розчинних речовин та вуглеводного комплексу визначали інтервально-безінтеграційним методом розрахунку, запропанованим проф.В.М.Лисянським.

Коефіцієнт дифузії визначали розв'язуванням рівняння:

$$z = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4B_1^2}{\mu_n^2 (\mu_n^2 + B_1^2)} \cdot e^{-\left(\frac{q+1}{q} \cdot \mu_n^2 \cdot F_0\right)} \quad /3/$$

$$F_0 = \frac{D \tau}{R^2} ; \quad /4/$$

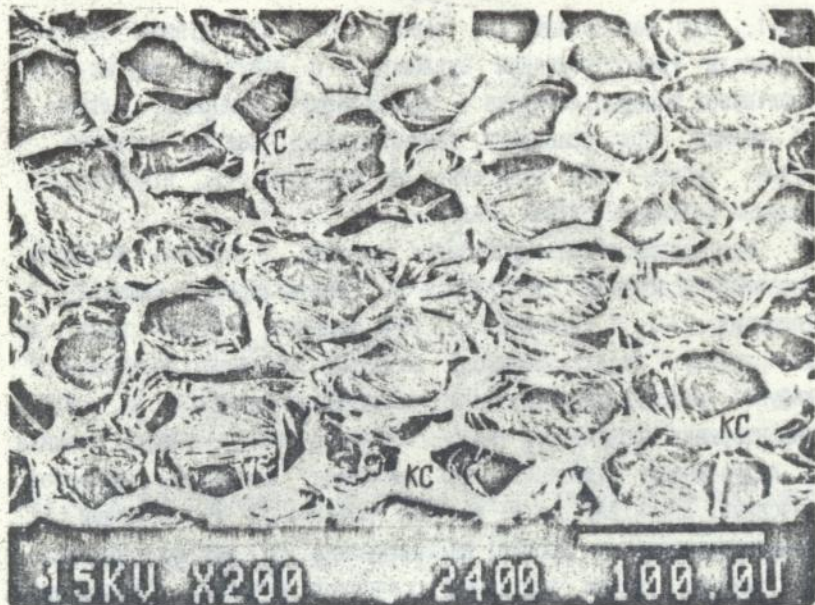
- де:  $\mu$  - корні характеристичного рівняння;  
 $q$  - співвідношення мас;  
 $F_0$  - дифузійний критерій Фур'є;  
 $D$  - коефіцієнт дифузії,  $m^2/s$ ;  
 $R$  - приведений радіус перетину стружки,  $m$ ;  
 $v_1$  - критерій Біо;

Коефіцієнт дифузії розчинних речовин визначає сумарну швидкість переходу розчинних речовин. Коефіцієнт дифузії вуглеводного комплексу визначає сумарну швидкість переходу інуліну, фруктанів і фруктози.

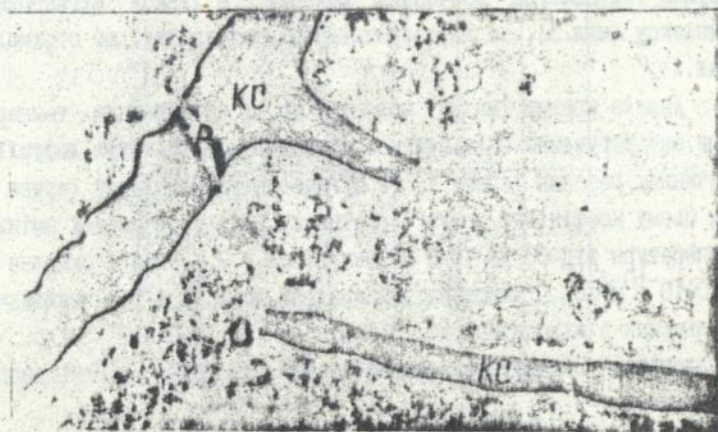
У третьому розділі "Дослідження процесу екстрагування розчинних речовин з топінамбура" викладені результати електронно-мікроскопічних досліджень тканини топінамбура та її змінення під впливом температури; результати експериментальних досліджень дифузійного переносу розчинних речовин, а також вуглеводного комплексу, у залежності від температури, рН екстракту і тривалості екстрагування.

Для розробки способів та визначення технічної та технологічної можливості вилучення розчинних речовин з топінамбура була вивчена структура рослинної тканини. Бульба топінамбура уявляє собою багатоклітинний організм, клітини якого прилягають один до одного і зклеєні між собою за допомогою міжклітинної речовини. Про розміри клітин, товщині клітинної оболонки, їх взаєморозташуванню можна скласти уявлення на основі фотографії що була зроблена за допомогою скануючого електронного мікроскопу (мал.1)

При електронномікроскопічному дослідженні виявилось, що клітини мають розміри більш 100 мкм, а товщина клітинної стінки становить 10...12 мкм. Паренхімні клітини, що складають основу рослинної тканини бульби мають багатогранну форму. Тепловий вплив на рослинну клітину викликає збільшення клітинної проник-



Мал.1. Зріз бульби топінамбура /сканована електронна мікроскопія, збільшено у 400 раз/; КС - клітинна стінка



Мал.2. Розриви клітинних стінок топінамбура під впливом температури /проникаюча електронна мікроскопія, збільшено у 1500 раз/; Р - розрив клітинної стінки

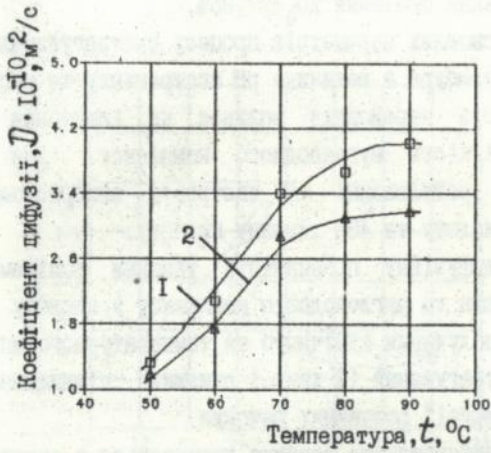
ності. Він необхідний для того, щоб ліквідувати основні перешкоди транспортування вуглеводів з вакуолі клітин до зовнішньої поверхні стружки - протоплазму, мембрани, клітинні стінки. При тривалому температурному впливі клітинна стінка губить свою міцність, та еластичність, відбувається розриви клітинних стінок (мал.2).

Міжфазовий перенос розчинних речовин у системі рослинна сировина-екстрагент складається з молекулярної дифузії у твердому тілі і масовіддачі від поверхні твердої фази до екстрагенту. Стадії переносу речовини шляхом молекулярної дифузії відповідає кінетичний коефіцієнт дифузії  $D$ . Він характеризує проникність тканини стружки, стан рослинної тканини у дифузійному відношенні та визначає швидкість переносу речовини. Дифузійні якості тканини топінамбура є важливими її характеристиками у процесі екстрагування та вихідною умовою для вибору режиму вилучення розчинних речовин. Кількісне значення коефіцієнту дифузії визначали на основі розрахунку екстракційної кривої.

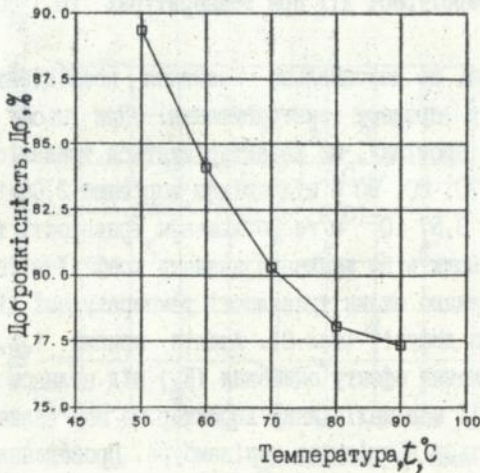
Визначено вплив температури на швидкість вилучення зі стружки топінамбура розчинних речовин, а також вуглеводного комплексу (мал.3), та на доброякісність екстракту, що отримали (мал.4).

Аналіз кривих (мал.3) показує, що зі збільшенням температури екстрагування збільшується значення коефіцієнтів дифузії розчинних речовин (крива 1) та вуглеводного комплексу (крива 2). При цьому коефіцієнт дифузії розчинних речовин в умовах зміни температури від 50 до 70<sup>0</sup>С збільшується у 2,6 рази і складає  $3,40 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ . Підвищення температури до 80<sup>0</sup>С і 90<sup>0</sup>С викликає збільшення  $D$  відповідно до  $3,67 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$  і  $4,02 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ . Аналогічно підвищується коефіцієнт дифузії вуглеводного комплексу.

При температурі 50<sup>0</sup>С екстракт має максимальну доброякісність  $D_{\text{св}} = 89,36\%$  (мал.4). Підвищення температури до 90<sup>0</sup>С при-



Мал.3. Вплив температури на процес екстрагування розчинних речовин /1/ та вуглеводного комплексу /2/ з топінамбура:  
 $\tau = 12$  хвил; $q = 2$



Мал.4. Вплив температури на зміну доброякісності екстракту:  
 $\tau = 12$  хвил; $q = 2$ ;  $pH_e = 6,2$

водить до зниження значення  $D_{\text{е}} = 77,35\%$ .

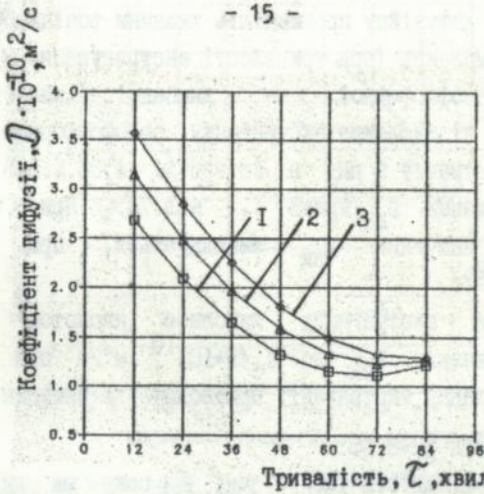
Одним з основних параметрів процесу екстрагування розчинних речовин з топінамбура є величина рН екстрагенту та екстракту. Активна кислотність середовища впливає на вилучення неуглеводів стружки і стійкість вуглеводного комплексу. Для підкислення екстрагенту, та регулюванні рН екстракту використовували 3Н ортофосфорну кислоту та 40% лимонну кислоту.

Вивчено дифузійну проникність тканини топінамбура для розчинних речовин та вуглеводного комплексу у кислому середовищі. Виявлено, що сполучення хімічного та температурного впливу (при тривалості екстрагування 12 хвил.) викликає підвищення значень коефіцієнтів дифузії розчинних речовин.

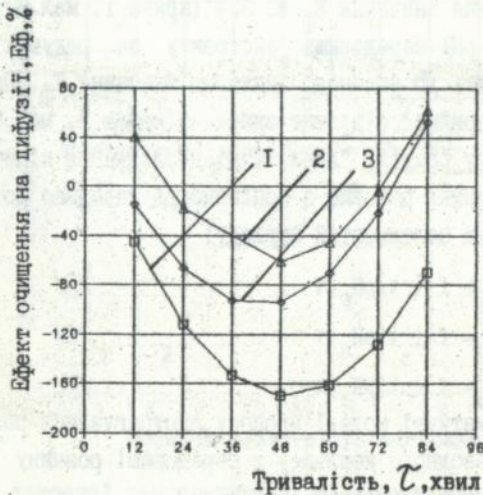
Період, протягом якого стружка дотикається з екстрагентом, складає тривалість дифундування. Основною вимогою до правильного вибору тривалості контакту фаз є забезпечення максимального переходу в екстрагент вуглеводного комплексу та мінімальної втрати його зі стружкою. Для цього проведені дослідження по визначенню коефіцієнтів дифузії вуглеводного комплексу під впливом тривалості температурної дії при температурах 70, 80, 90<sup>0</sup>С (мал.5)

Встановлено, що максимальне значення коефіцієнт дифузії має на початку процесу екстрагування. При цьому кількісне значення  $D_{\text{ЕК}}$  на проміжку, що характеризується тривалістю 12 хвил. і температурах 70, 80, 90<sup>0</sup>С відповідно дорівнює  $2,68 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $3,14 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $3,57 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ . Збільшення тривалості температурного впливу приводить до зниження значень коефіцієнтів дифузії.

Також визначено вплив тривалості температурної дії на ефект очищення соку на дифузії (мал.6). Аналіз кривих 1,2,3 (мал.6) показує, що змінення ефекту очищення ( $E_{\text{ф}}$ ) під впливом тривалості температурної дії має нелінійний характер. Це пов'язане зі змінами, що відбуваються в клітинах топінамбура. Проведення процесу екстрагування при температурі 70<sup>0</sup>С недоцільно, а при 90<sup>0</sup>С, менш вигідно, ніж при 80<sup>0</sup>С.



Мал.5. Дифузійна проникність тканини топінамбура для вуглеводного комплексу в залежності від тривалості температурного впливу: I - 70°C; 2 - 80°C; 3 - 90°C;  $q = 2$ ;  $pH_e = 6,2$



Мал.6. Вплив тривалості температурної дії на ефект очищення на дифузії при отриманні екстракту з топінамбура: I - 70°C; 2 - 80°C; 3 - 90°C;  $pH_e = 6,2$ ;  $q = 2$

Досліджено дифузійну проникність тканини топінамбура для вуглеводного комплексу (при тривалості екстрагування 84 хвил.) у середовищі ортофосфорної та лимонної кислоти (мал.7). Встановлено, що підкислення екстрагенту ортофосфорною кислотою до отримання екстракту з  $pH_e$  в інтервалі 4,05...5,5 викликає незначне підвищення  $D_{BK}$  (крива 1, мал.7). При подальшому зниженні  $pH$  значення  $D_{BK}$  зменшується, при  $pH_e=2,75$   $D_{BK}=1,20 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Підкислення екстрагенту лимонною кислотою викликає підвищення значення  $D_{BK}$  до  $1,49 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$  при  $pH_e=4,65$ . Подальше підкислення екстрагенту призводить до зниження  $D_{BK}$  до  $1,07 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$  при  $pH=3,15$ .

Визначено залежність ефекту очищення соку на дифузії від тривалої температурної дії у кислому середовищі (мал.8). Встановлено, що зі зменшенням  $pH$  від 6,2 до 4,2, за рахунок підкислення екстрагенту ортофосфорною кислотою, значення  $E_{\Phi}$  знижується від 62% до 3%. Подальше підкислення до  $pH_e=2,8$  призводить до підвищення значення  $E_{\Phi}$  до 35% (крива 1, мал.8).

Зменшення  $pH$  середовища екстракту за рахунок лимонної кислоти призводить до значного зниження значення  $E_{\Phi}$ . При  $pH=4,2$  ефект очищення приймає від'ємне значення (крива 2, мал.8).

У четвертому розділі "Аналітичні дослідження кінетики екстрагування розчинних речовин з топінамбура наведено дослідження експериментальних залежностей вигляду:

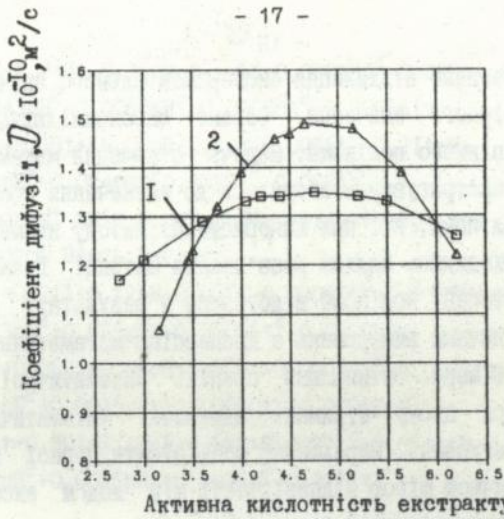
$$D_{pp} = f(t, pH_e, \tau) \quad /5/$$

$$D_{BK} = f(t, pH_e, \tau) \quad /6/$$

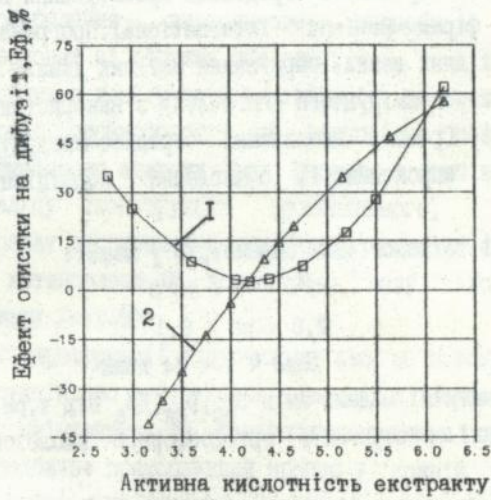
$$D_{\Phi e} = f(t, pH_e, \tau) \quad /7/$$

і отримано математичні моделі процесу екстрагування розчинних речовин та вуглеводного комплексу у середовищі розчину ортофосфорної та лимонної кислоти.

Дана статистична оцінка серії одиничних вимірів, отримано середнє значення параметрів, що досліджуються ( $D_{pp}$ ,  $D_{BK}$ ,  $D_{\Phi e}$ ) і



Мал.7. Дифузійна проникність тканини топінамбура для вуглеводного комплексу у залежності від тривалої температурної дії у середовищі ортофосфорної /1/ та лимонної /2/ кислоти:  
 $t = 80^{\circ}C$ ;  $\tau = 84$  хвил;  $q = 2$



Мал.8. Вплив тривалої температурної дії у кислому середовищі на ефект очищення на дифузії: 1 - підкислення екстрагенту розчином ортофосфорної кислоти; 2 - підкислення розчину лимонної кислоти;  $t = 80^{\circ}C$ ;  $\tau = 84$  хвил;  $q = 2$ .

середнє квадратичне відхилення експериментального значення від найбільш ймовірного значення. Обрана апроксимуюча функція у вигляді степінного полінома. Задача отримання математичної моделі процесу екстрагування зводилась до визначення коефіцієнтів степінного полінома, які при використанні методу найменших квадратів знаходились шляхом розв'язання матриці Грама. Вибір оптимальної степені полінома відбувся у результаті порівняння дисперсії одиничних вимірювань з дисперсією математичних моделей за критерієм Фішера. Оптимальна степінь математичної моделі дорівнює 2, при цьому отримані адекватні математичні моделі процесу екстрагування. Вираховано коефіцієнти парної кореляції, які є статистичною мірою відповідності між ходом експериментальної та апроксимуючої залежності.

Для обробки результатів вимірювань складена програма для персональних комп'ютерів типа IBM PC, що працюють під керівництвом MS DOS мовою програмування високого рівня C++ з використанням інтегрованого середовища проектування Borland C++ Version 3.0 фірми Borland International. Програма виконує зчитування вихідних даних, нормування вхідних даних, обчислення коефіцієнтів апроксимуючого многочлена з використанням розширеної матриці Грама, визначення середньо-квадратичного відхилення та апроксимації, обчислення коефіцієнта парної кореляції.

При зміні технологічних параметрів у межах:

$$50^{\circ}0 < t < 90^{\circ}0$$

$$2,8 < pH < 6,3$$

$$12 \text{ хвил} < t < 84 \text{ хвил}$$

отримані математичні моделі змін  $D_{pp}$ ,  $D_{вк}$ ,  $D_{\sigma_e}$  від  $t, pH, \tau$ .

При підкисленні екстрагенту ортофосфорною кислотою вони мають вигляд:

$$D_{pp} = 1,91 + 0,095t - 0,73pH - 0,054\tau - 0,00030t^2 + 0,0040t\text{pH} - 0,0036pH^2 + 0,0057pH\tau + 0,00066t^2 - 0,0010t\tau$$

/8/

$$D_{BK} = 3,13 + 0,048t - 0,39pH - 0,065\tau - 0,00013t^2 + 0,0038tpH - 0,043pH^2 + 0,0060pH\tau + 0,00048\tau^2 - 0,00056t\tau \quad /9/$$

$$D_{\theta} = 3,76 + 0,38t + 16,00pH + 0,38\tau + 0,0076t^2 - 0,27tpH + 0,84pH^2 - 0,024pH\tau + 0,0032\tau^2 - 0,066t\tau \quad /10/$$

Математичні моделі змін  $D_{PP}$ ,  $D_{BK}$ ,  $D_{\theta}$  від  $t, pH, \tau$  при підки сленні лимонної кислотою мають вигляд:

$$D_{PP} = 4,36 + 0,21t + 0,12pH - 0,067\tau - 0,00097t^2 + 0,00078tpH - 0,063pH^2 + 0,055pH\tau + 0,00066\tau^2 - 0,00085t\tau \quad /11/$$

$$D_{BK} = 5,76 + 0,062t + 0,48pH - 0,059\tau - 0,00034t^2 + 0,00071tpH - 0,15pH^2 + 0,0046pH\tau + 0,00050\tau^2 - 0,00058t\tau \quad /12/$$

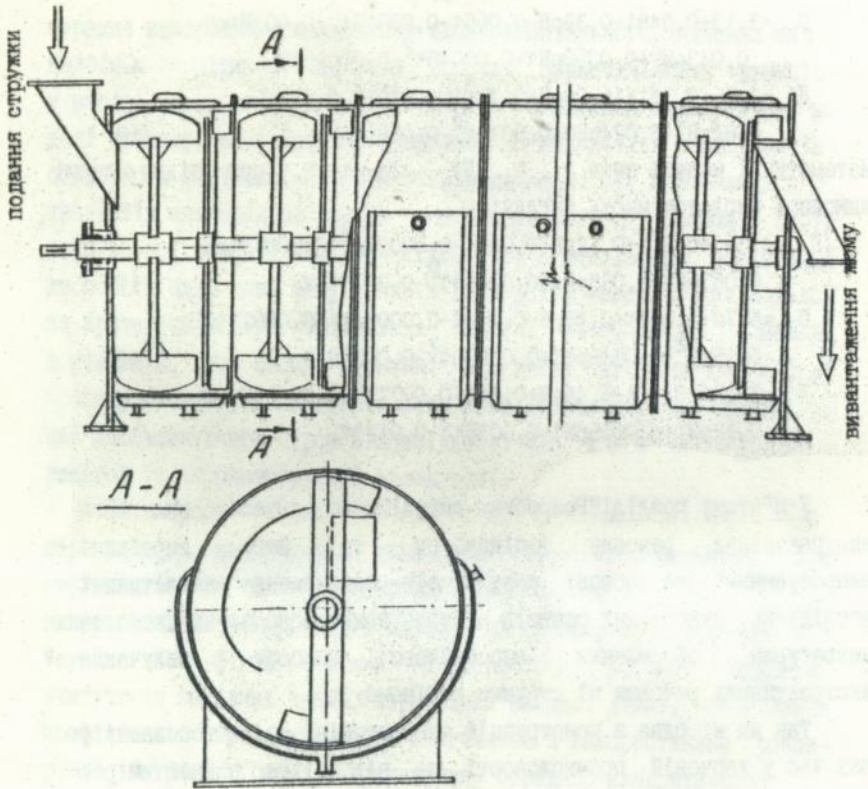
$$D_{\theta} = 74,51 - 0,90t + 6,49pH + 0,61\tau + 0,0077t^2 - 0,014tpH - 0,12pH^2 + 0,0025pH\tau + 0,0036\tau^2 - 0,012t\tau \quad /13/$$

У п"ятому розділі "Розробка дифузійного способу вилучення екстрактивних речовин топінамбуру та його виробничі випробування" на основі результатів проведення аналітичних досліджень, зумовлених режимів екстрагування розроблена схема та апаратурне оформлення виробничого способу вилучення екстрактивних речовин зі стружки топінамбура.

Так як ні одна з конструкцій екстракторів, що застосованні у наш час у харчовій промисловості не відповідає повною мірою потребам до дифузійного апарату при роботі з топінабуром, то обрано спеціальну конструкцію протиплинного, секційного екстрактора. Апарат виготовлений виробничою асоціацією "ІНАТА" (м.Казань) і встановлено у консервному цеху Хорольського консервного заводу (мал.9).

Особливість конструкції екстрактору полягає в тому, що він складається з секцій, що устатковані частково перфорованими перегородками, змішувачами та перевантажувальними пристроями. Конструкція передбачає прямоплинний процес у кожній секції і протиплинність цілому по апарату. Підтримка заданої температури забезпечується за рахунок парових камер.

Випробування екстрагування вуглеводного комплексу зі



Мал.9. Схема протиплинного, секційного екстрактора:

- 1 - завантажувальний бункер; 2 - контактні секції;
- 3 - перемішувачі лопасті; 4 - направляючі циліндри;
- 5 - перевантажувачі ковши; 6 - секційні перегородки;
- 7 - бункер вивантаження; 8 - парова камера; 9 - корпус;
- 10 - перевантажувальні вікна; II - вал

стружки топінамбуру проводили при середній температурі середовища в апараті 80°C, тривалість екстрагування 90 хвил, рН соко-стружечної суміші 6,2, продуктивність 400 кг стружки топінамбуру на годину.

Результати виробничих випробувань підтвердили доцільність екстракційного способу вилучення розчинних речовин зі стружки топінамбуру при обґрунтованих у лабораторних умовах технологічних параметрах.

Випробування були проведені на Хорольському консервному заводі, де планується виробництво висококонцентрованих інуліно-і фруктозомістких сиропів із топінамбура.

#### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.

1. На основі результатів електронномікроскопічних досліджень виявлена клітинна структура тканини. Клітини мають розміри біля 100 мкм, вуглеводний комплекс знаходиться у вакуолі клітин у розчинному стані. Клітинна стінка щільна, еластична, її товщина складає 10...12 мкм. У процесі температурної обробки відбуваються фізико-хімічні зміни тканини топінамбура, які супроводжуються розривом та зміщенням клітинних стінок.
2. Проведені дослідження дифузійних властивостей тканини топінамбура та якості екстрактів, результати яких дозволили визначити і обґрунтувати технологічні параметри процесу екстрагування розчинних речовин.  
Виявлено, що на швидкість екстрагування суттєво впливає температура процесу. При збільшенні температури середовища від 50 до 80°C і тривалості екстрагування 12 хвил значення коефіцієнту дифузії вуглеводного комплексу збільшується у 2,6 рази і складає  $3,10 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ . Подальше збільшення температури не приводить до суттєвого збільшення  $D_{\text{ук}}$ .  
Екстракт має максимальне значення доброякісності на початку процесу екстрагування при низьких температурах /  $D_{\text{е}} = 89,36\%$ ;

$\tau = 12$  хвил,  $t=50^{\circ}\text{C}$ ) та у кінці процесу при температурі  $80^{\circ}\text{C}$  ( $D_{\text{е}} = 87,41\%$ ;  $\tau=84$  хвил).

3. Ефект очищення дифузійного соку у процесі екстрагування змінюється, що пов'язано з різною швидкістю переноса вуглеводного комплексу.
4. Виявлено, що у процесі екстрагування /тривалість 84 хвил/ ефект очищення на дифузії у кислому середовищі змінюється. У середовищі з добавкою ортофосфорної кислоти Еф має мінімальне значення у проміжку  $\text{pH} = 4,0 \dots 4,5$ . В середовищі з добавкою лімонної кислоти Еф знижується, відповідно до зниження значення  $\text{pH}$ .
5. Встановлено, що ефективними технологічними параметрами екстрагування вуглеводного комплексу /сумарний вміст інуліну фруктанів, фруктози/ зі стружки топінамбура є: температура  $80^{\circ}\text{C}$ , тривалість процесу 84 хвил,  $\text{pH}$  екстракту - 6,2.
6. Отримано математичні моделі екстрагування розчинних речовин та вуглеводного комплексу, що описують кінетику процесу, в залежності від основних технологічних параметрів.
7. Обрано спеціальну конструкцію протиплинного секційного екстрактору. Результати виробничих випробувань показали, що для ефективного вилучення вуглеводного комплексу зі стружки топінамбура необхідно забезпечення температурного режиму  $80^{\circ}\text{C}$  /, тривалості процесу  $85-90$  хвил/,  $\text{pH}$  сокостружечної суміші  $\text{pH}=6,2$ / та умов протиілину.
8. Результати експериментальних досліджень та виробничих випробувань підтвердили доцільність та ефективність екстракційного способу вилучення вуглеводного комплексу зі стружки топінамбура для отримання висококонцентрованих інуліно - та фруктозомістких сиропів.

Основні результати дисертації викладено в таких публікаціях:

І. Бобровник Л.Д., Высоцкий В.Г., Гулий И.С., Ремесло Н.В., Дорохо-

- вич А.Н., Бахтина Т.Ю., Степанец Л.Ф., Василик О.И., Сидорченко Е.И., Федоренченко Л.А. Перспективные направления топинамбура в пищевой промышленности // Известия вузов СССР, Пищевая технология.-1990.-Т4.-с. 12-13.
2. Федоренченко Л.А., Бобровник Л.Д., Ремесло Н.В., Дорохович Василик О.И., Бахтина Т.Ю., Сидорченко Е.И., Федорченко С.С., Волкова Т.В. Некоторые технологические особенности получения сиропа из топинамбура. // Тез.докл. II Всесоюз.-произ.конф. "Топинамбур и топинсолнечник - проблемы возделывания и использования"-Иркутск.-1990.-с.75.
3. Степанец Л.Ф., Ремесло Н.В., Бобровник Л.Д., Сидорченко Е.И., Василик О.И. О химическом составе клубней топинамбура // Там же, с.41-42.
4. Мельник И.М., Ефимов А.С., Ванкорихина Л.Т., Орлова А.В., Гулый И.С., Бобровник Л.Д., Ремесло Н.В., Сидорченко Е.И., Василик О.И. Гипохолестеринемическое действие топинамбура // Там же, с.109-110.
5. Василик О.И., Бобровник Л.Д., Ремесло Н.В., Пушанко Н.Н., Федоренченко Л.А., Сидорченко Е.И. Влияние физико-химических факторов на процесс экстрагирования углеводного комплекса из стружки топинамбура // Там же, с. 56-57.
6. Гулый И.С., Бобровник Л.Д., Ремесло Н.В., Федоренченко Л.А., Василик О.И., Бахтина Т.Ю. Концентрированный напиток из клубней топинамбура // Тез.докл. Всесоюз.семинара "Технология производства безалкогольных напитков и порошкообразных напитков".-Рига, 1990.-с.15.
7. Бобровник Л.Д., Ремесло Н.В., Василик О.И., Федоренченко Л.А., Влияние температурного режима экстракции на извлечение углеводного комплекса из клубней топинамбура // Тез. докл. III Всесоюз.научн.конф. "Проблемы влияния теплотой обработки на пищевую ценность продуктов питания".- Харьков, 1990.-с.68.
8. Василик О.И., Бобровник Л.Д., Ремесло Н.В., Федоренченко Л.А., Сидорченко Е.И. Разработка рациональных режимов экстрагирования

- углеводного комплекса // Тез. докл. Респ. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК". - Киев, 1991. - с. - 150.
9. Сидорченко Е.И., Ремесло Н.В., Федоренченко Л.А., Бобровник Л.Д., Василик О.И. Исследование кинетики кислотного гидролиза инулина из клубней топинамбура // Там же, с. 149.
10. Василик О.И., Ремесло Н.В., Федоренченко Л.А., Сидорченко Е.И. Анализ строения и изменения растительной ткани топинамбура под воздействием технологических параметров // Там же, с. 162-163.
11. Пушанко Н.Н., Василик О.И., Ремесло Н.В., Доценко Н.М. Разработка диффузионного аппарата для переработки топинамбура // Там же, с. 33.
12. Федоренченко Л.А., Ремесло Н.В., Сидорченко Е.И., Василик О.И. Влияние способов сокодобывания на биологическую и пищевую ценность сока из топинамбура // Тез. докл. науч. конф., посвящ. 60-летию МТИП "Научное обеспечение хранения и переработки растительного сырья в пищевой промышленности". Москва, 1991. - с. 96-97.
13. Федоренченко Л.А., Сидорченко Е.И., Бахтина Т.Ю., Ремесло Н.В., Василик О.И., Гулый И.С., Мельник И.М. Особенности технологического регламента получения концентрата из клубней топинамбура // Там же, с. 95-96.
14. Василик О.И., Пушанко Н.Н., Дубовик С.В., Ремесло Н.В. Создание экстракционного аппарата для получения сока из топинамбура // Там же, с.
15. Федоренченко Л.О., Ремесло Н.В., Бобровник Л.Д., Василик О.И. Вивчення властивостей тканини бульб топинамбура, впливаючих на вихід соку // Тез. доп. Міжнар. наук.техн. конф. "Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну галузі АПК". - Київ, 1993. - с. 254.
16. Василик О.И., Ремесло Н.В., Бобровник Л.Д., Пушанко М.М.

- Обґрунтування оптимальних умов екстрагування вуглеводного комплексу з топинамбура // Там же, с. 197-198.
17. Федоренченко Л.О., Ремесло Н.В., Бобрівник Л.Д., Гулий І.С., Сідорченко О.І., Василик О.І., Степанець Л.Ф. . .  
Продукти з топинамбура // Харчова і переробна промисловість. - 1993. - № 10. - с.6-7.
18. Vasilik O.I., Bobrovnik L.D., Pusanko N.N., Remeslo N.V.  
Instrumentation of an extraction of the carbohydrate complex from Jerusalem artichoke // International organic substances solvent extraction conference, Voronezh, Russia, 1992, volume 1, p.331.
19. Vasilik O.I., Bobrovnik L.D., Pusanko N.N., Remeslo N.V.V.  
.. Investigation of the mass exchange characteristics of the carbohydrate complex extraction from Jerusalem artichoke // volume II, p.92-93.
20. Василик О.И., Бобровник Л.Д., Пушанко Н.Н., Ремесло Н.В.  
Диффузионная проницаемость ткани топинамбура для растворимых веществ в кислой среде // Известия вузов. Пищевая технология /подано/
21. Василик О.И., Бобровник Л.Д., Пушанко Н.Н., Ремесло Н.В.  
Аналитические исследования процесса экстрагирования растворимых веществ из топинамбура /подано/

*Василик*



Підписано до друку 23.05.94р. формат 60x84/16  
Папір друк. Умов. друк. л. 1,0. Тираж 100 примірик. Заказ №887

---

Надруковано ЦУОП ДНПН "Плодвінконсерв" м. Київ, Саксаганського, 1

45-0901

AB 30.369

**AB 30.369**