

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ
СОКУ СТОЛОВОГО БУРЯКА
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ
СОКА СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ
IMPROVING THE PROCESS OF ADSORPTIVE PURIFICATION OF RED
BEET JUICE**

**Шейко Т. В. аспірант
Шейко Т. В. аспірант
Sheiko T.V. post-gradnate student**

АНОТАЦІЯ

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв: Національний університет харчових технологій, Київ, 2012.

Дисертаційна робота присвячена удосконаленню процесу адсорбційного очищення соку столового буряка від небажаних домішок природними адсорбентами.

Підібрано ефективний адсорбент - шунгіт. Визначено раціональні параметри його використання для очищення соку столового буряка від пектинових речовин, нітрат-іонів, іонів важких металів, шкідливих мікроорганізмів.

Отримані кінетичні залежності та розраховані фізичні константи адсорбованих домішок із соку столового буряка шунгітом, які можуть бути використані при проектуванні адсорберів. Досліджено залежність коефіцієнтів зовнішньої і внутрішньої дифузії від температури при адсорбції пектинових речовин шунгітом.

Підібрано оптимальні параметри регенерації шунгіта перегрітою водяною парою і встановлено її кратність.

Розроблено математичну модель розрахунку тривалості процесу адсорбції до настання фазової рівноваги при поглинанні пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом, встановлено її адекватність і підібрано програму її розв'язку.

Удосконалено апаратурно-технологічні схеми виробництва соку столового буряка та харчового барвника з нього, обґрунтовано їх економічну ефективність.

Ключові слова: сік столового буряка, харчовий барвник, природні дисперсні мінерали, шунгіт, адсорбційне очищення, кінетичні залежності, фізичні константи, коефіцієнт дифузії, математичне моделювання, оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических, и фармацевтических производств: Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2012.

Диссертация посвящена усовершенствованию процесса адсорбционной очистки сока столовой свеклы от нежелательных примесей природными

адсорбентами и дальнейшего использования сока для получения натурального пищевого красителя.

В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований очистки сока столовой свеклы палыгорскитом, глауконитом, монтмориллонитом, шунгитом. Среди исследованных дисперсных минералов выбран эффективный адсорбент – шунгит. Исследовано смачивание шунгита соком столовой свеклы, определены скорость и длительность этого процесса, показано, что незначительное время смачивания позволяет не учитывать его в кинетике адсорбции. С целью расчета адсорбционных аппаратов получены кинетические кривые адсорбции пектиновых веществ шунгитом. Определены физические константы и кинетические характеристики массообменных процессов в системе твердое тело - жидкость: коэффициенты внешней диффузии пектиновых веществ в зависимости от температуры, $\text{м}^2/\text{с}$: $D_{20} = 1,52 \cdot 10^{-10}$; $D_{40} = 1,69 \cdot 10^{-10}$; $D_{50} = 1,69 \cdot 10^{-10}$; $D_{60} = 2,54 \cdot 10^{-10}$; коэффициенты внутренней диффузии в порах адсорбента в зависимости от температуры, $\text{м}^2/\text{с}$: $D_{20} = 3,79 \cdot 10^{-11}$; $D_{40} = 4,22 \cdot 10^{-11}$; $D_{50} = 4,22 \cdot 10^{-11}$; $D_{60} = 6,33 \cdot 10^{-11}$; коэффициенты массоотдачи, $\text{м}/\text{с}$: при внешней диффузии (при $t=20^\circ\text{C}$ составляет $\beta_s = 3,12 \cdot 10^{-8}$; при $t=40^\circ\text{C}$ – $\beta_s = 5,49 \cdot 10^{-8}$; при $t=50^\circ\text{C}$ – $\beta_s = 6,42 \cdot 10^{-8}$; при $t=60^\circ\text{C}$ – $\beta_s = 1,07 \cdot 10^{-7}$; при внутренней диффузии: $\beta_e = 5,4 \cdot 10^{-2}$ (20°C); $\beta_e = 6,0 \cdot 10^{-2}$ (40°C); $\beta_e = 6,0 \cdot 10^{-2}$ (50°C); $\beta_e = 9,0 \cdot 10^{-2}$ (60°C); коэффициенты массопередачи, $\text{м}/\text{с}$: при $t=20, 40, 50$ и 60°C , соответственно, $k_a = 0,054; 0,06; 0,06$ и $0,09$.

Установлены рациональные параметры адсорбционной очистки сока столовой свеклы от пектиновых веществ (концентрация адсорбента – 4,76% масс., температура обработки – 60°C , длительность – 30 мин). В процессе обработки содержание сухих и красящих веществ, активной и титрованной кислотности не изменяются.

Установлена адсорбционная способность шунгита поглощать нежелательные примеси из сока столовой свеклы. После обработки сока адсорбентом содержание в нем нитрат-ионов и ртути уменьшается на 25%, марганца – на 40%, количество свинца, никеля, цинка снижается в 2 раза, меди – в 3 раза, кадмия – в 10 раз. Эффект очистки сока от бактерий, дрожжей и плесневых грибов составляет 70...80%. При этом сохраняются высокие качественные показатели очищенного сока столовой свеклы.

Исследован и оптимизирован процесс регенерации шунгита перегретым водяным паром. Используя разработанную математическую модель регенерации адсорбента, установлены оптимальные параметры десорбции поглощенных примесей: температура пара – 170°C , продолжительность – 26 мин. Установлена целесообразность пятикратного использования регенерированного шунгита.

Разработаны математические модели для расчета времени достижения фазового равновесия при очистке сока столовой свеклы шунгитом от пектиновых веществ и для поиска оптимальных параметров очистки сока от нитрат-ионов. При концентрации адсорбента 5,86...9,15% масс., продолжительности обработки 28...40 мин. количество поглощенных шунгитом нитрат-ионов составляет 25%. Подтверждена адекватность разработанных математических моделей, подобраны программы их решения.

Усовершенствованы аппаратурно-технологические схемы производства сока столовой свеклы и получения из него натурального пищевого красителя путем применения шунгита для очистки сока от нежелательных примесей, что позволит исключить использование дорогостоящих ферментных препаратов и желатина при сохранении высоких качественных показателей. Ожидаемый экономический эффект для одного завода производительностью 3000 л/сутки составит 32956 грн/год. По результатам исследований получено два гигиенических заключения Министерства здравоохранения Украины (№05.03.02-07/47553 и № 05.03.02 - 04/54624); разработаны ТУ У 24.6 – 32177584 - 003: 2011 «Материалы раздробленные и молотые из шунгита».

Ключевые слова: сок столовой свеклы, пищевой краситель, природные дисперсные минералы, шунгит, адсорбционная очистка, кинетические зависимости, физические константы, коэффициент массопередачи, коэффициент диффузии, математическое моделирование, оптимизация.

ANNOTATION

. Improving the process of adsorptive purification of red beet juice: – Manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of the Candidate of Technical Sciences under specialty 05.18.12 – processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical productions: National University of Food Technologies, Kyiv, 2012.

Dissertation is dedicated to the improvement of the process of adsorptive purification of red beet juice from unwanted impurities with the help of natural adsorbents.

Effective adsorbent – shungite – has been selected. Reasonable parameters for its usage, when purifying red beet juice from pectin substances, nitrate ions, heavy metals ions and harmful microorganisms, have been determined.

Kinetic dependencies have been obtained and physical constants of impurities from red beet juice adsorbed by shungite have been calculated. They can be used when designing adsorption devices. The dependency of coefficients of external and internal diffusion on temperature when adsorbing pectin substances by shungite has been researched. The optimal parameters for regenerating shungite by overheated water steam have been chosen and its frequency rate has been determined.

The mathematical model for calculating a period for the beginning of phase equilibrium, when adsorbing pectin substances from red beet juice by shungite, has been elaborated, its adequacy has been established and the program for its solving has been selected.

Instrument and technological schemes for producing red beet juice as well as its food grade dye have been improved; their economic efficiency has been grounded.

Key words: red beet juice, food grade dye, natural dispersive minerals, shungite, adsorptive purification, kinetic dependencies, physical constants, diffusion coefficient, mathematical modeling, optimization.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Господарський механізм у харчовій промисловості, особливо в її консервній галузі, передбачає посилення режиму економії сировини і енергоресурсів, оптимізацію технологічних процесів, впровадження у виробництво нових технічних рішень з метою виробництва конкурентноспроможних харчових продуктів і напоїв. Сік столового буряка є дуже корисним харчовим продуктом, містить значну кількість цукрів, мінеральних речовин і вітамінів. Його цінність полягає ще й в тому, що з нього виробляють натуральний харчовий барвник. Але в результаті забруднення навколишнього середовища викидами відходів промисловості та транспорту, нераціонального використання гербіцидів, пестицидів столовий буряк акумулює шкідливі компоненти: нітрат-іони, іони важких металів, радіонукліди, які переходять у продукти переробки, зокрема в сік.

Сік столового буряка є нестійкою системою і при зберіганні втрачає якість і товарний вид, що призводить до утворення помутнінь та осадів. При виробництві харчового барвника із концентрованого соку необхідно видаляти частину пектинових речовин, щоб уникнути процесу желювання.

Вирішення проблеми підвищення якості соку столового буряка, а отже і натурального харчового барвника, потребує ефективних методів очищення соку.

Одним із перспективних напрямків удосконалення процесу очищення соку столового буряка є використання природних дисперсних мінералів, які мають достатню адсорбційну спроможність, піддаються регенерації, утилізації. Вони значно дешевші за синтетичні адсорбенти, не потребують тривалої додаткової підготовки. Виходячи з цього, актуальним для розвитку харчової промисловості України та її консервної галузі є проведення комплексу теоретичних та експериментальних досліджень з метою удосконалення процесу адсорбційного очищення соку столового буряка природними дисперсними мінералами та наукового обґрунтування механізмів процесу поглинання.

Дослідження по даній роботі проведені в лабораторії кафедри процесів і апаратів харчових виробництв, лабораторії кафедри аналітичної хімії НУХТ, інституті екогігієни і токсикології ім. Л. М. Медведя НАН України, інституті сорбції та проблем ендоекології НАН України, інституті хімії поверхні НАН України, Центрі оцінки якості сировини та готової продукції, Центральній лабораторії продуктів переробки плодоовочів, картоплі і винограду,

Мета і задачі досліджень. Мета роботи – на основі комплексних теоретичних і експериментальних досліджень процесу адсорбційного очищення соку столового буряка науково обґрунтувати механізм адсорбції шкідливих домішок, що погіршують його якість, і дослідити кінетику адсорбційних процесів в системі тверде тіло- рідина при очищенні соку.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

- провести аналіз літературних джерел, що описують кінетику адсорбційних процесів в системі тверде тіло – рідина;
- підібрати та дослідити найбільш ефективні природні мінерали для адсорбційного очищення соку столового буряка;
- встановити адсорбційну спроможність шунгіта щодо пектинових речовин, нітрат-іонів, іонів важких металів, шкідливих мікроорганізмів, барвних речовин із

- соку столового буряка;
- дослідити змочуваність шунгіта соком столового буряка;
 - отримати кінетичні залежності зміни пектинових речовин у соку і в порах адсорбента;
 - визначити фізичні константи та кінетичні характеристики масопереносу в системі сік – адсорбент;
 - розробити математичну модель визначення тривалості процесу адсорбційного очищення соку столового буряка від пектинових речовин до настання фазової рівноваги та математично-статистичну модель поглинання нітрат-іонів з метою проведення процесів в автоматичному режимі;
 - встановити ефективні параметри та кратність регенерації шунгіта з метою оптимізації цього процесу;
 - визначити фізико-хімічні та органолептичні показники очищеного шунгітом соку столового буряка;
 - удосконалити апаратурно-технологічні схеми виробництва очищеного соку столового буряка та натурального харчового барвника і визначити їх економічну ефективність.

Об'єкти дослідження – технологічні процеси адсорбційного очищення соку столового буряка.

Предмет дослідження – сік столового буряка, природні дисперсні мінерали.

Методи дослідження – експериментальні дослідження проводили із застосуванням фізико-хімічних, мікробіологічних методів, атомної адсорбції, математичного моделювання та статистичної обробки отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті комплексного теоретичного та експериментального дослідження процесу очищення соку столового буряка підібрано ефективний природний вуглецевовмісний адсорбент – шунгіт; обґрунтовано механізм адсорбції пектинових речовин, нітрат-іонів, іонів важких металів, мікроорганізмів.

Вперше:

- досліджено процес адсорбційного очищення соку столового буряка палигорськітом, глауконітом, монтморилонітом, шунгітом;
- підібрано найефективніший адсорбент для очищення соку від небажаних домішок – природний мінерал шунгіт;
- встановлено вибірковість адсорбції шунгіта щодо пектинових речовин, нітрат-іонів, іонів важких металів, мікроорганізмів із соку столового буряка;
- досліджено процес змочування шунгіта соком столового буряка;
- отримано кінетичні залежності зміни концентрації пектинових речовин у соку та в порах шунгіта;
- визначено фізичні константи та кінетичні характеристики масопереносу пектинових речовин в системі сік - адсорбент;
- досліджено коефіцієнти зовнішньої та внутрішньої дифузії пектинових речовин в порах шунгіта та встановлено їх залежність від температури суміші;
- розроблено математичну модель визначення тривалості процесу адсорбційного очищення соку столового буряка від пектинових речовин до настання фазової рівноваги і математично-статистичну модель поглинання нітрат-

іонів з метою проведення процесів в автоматичному режимі, перевірено їх на адекватність;

- доведено спроможність шунгіта п'ятикратно десорбувати поглинуті домішки та встановлено оптимальні параметри процесу регенерації шунгіта перегрітою водяною парою;

- визначено фізико-хімічні та органолептичні показники очищеного шунгітом соку столового буряка.

Практичне значення отриманих результатів. На основі отриманих результатів досліджень проведено удосконалення апаратурно-технологічної схеми виробництва соку столового буряка (патент на корисну модель № 55117, патент на винахід № 93830) та харчового барвника. Доведено переваги вуглецевовмісного адсорбента шунгіта над глинистими мінералами щодо адсорбції небажаних домішок із соку.

Отримані кінетичні залежності та фізичні константи адсорбційного очищення соку столового буряка можуть бути використані при проектуванні адсорберів.

Розроблені математичні моделі і програми на їх основі сприятимуть проведенню виробничих процесів в оптимальних умовах.

На основі результатів досліджень отримано два гігієнічних висновки Міністерства охорони здоров'я України (№ 05.03.02-07/47553 від 12.05.2011р., і №05.03.02-04/54624 від 26.05. 2011 р.), які підтверджують екологічну безпеку шунгіта та розроблено ТУ У 24.6-32177584-003:2011 „Матеріали роздроблені і мелені з шунгіта”. Практична цінність проведених досліджень підтверджена патентами на корисну модель (№ 44034; № 48700; № 46541; №61474) та патентом на винахід №93784.

Очікуваний економічний ефект від впровадження удосконаленої схеми виробництва очищеного соку столового буряка на одному консервному заводі продуктивністю 3000 л/добу складає 32956 грн/рік.

Особистий внесок здобувача полягає в проведенні аналізу літературних джерел за темою дисертації, підборі методик та проведенні експериментальних досліджень процесів адсорбційного очищення соку столового буряка природними мінералами; узагальненні їх результатів, розробленні та виготовленні експериментальних лабораторних установок, розробленні математичних моделей, підготовці відповідної нормативно-технічної документації, а також в апробації результатів роботи на українських і міжнародних наукових конференціях.

Внесок здобувача у підготовку публікацій є основним.

Обговорення, аналіз та узагальнення результатів досліджень і їх публікації проведені із науковим керівником д. т. н., проф. Мельник Л.М.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на: 74, 76, 77-ій наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (м. Київ, 2008, 2010, 2011); Міжнародній науковій конференції “Иновационные технологии в пищевой промышленности” (г. Минск 2007); Міжнародній науково-технічній конференції “Актуальні проблеми харчування” (м. Святогірськ, 2009); Міжнародній науковій конференції “ Fabrication, Modification and investigations of novel Forms of Carbon, The 8 Torunian Carbon Symposium,” (м. Торун, Польща, 2009); III, IV Всеукраїнській конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання” (м. Тернопіль, 2010, 2011);

Міжнародній конференції „The Annual World Conference on Carbon” (м. Клемсон, Південна Кароліна, США, 2010); VI Міжнародній конференції „Стратегія качества в промышленности и образовании”, (м. Варна, Болгарія, 2010); Міжнародній конференції „4 International Conference on Carbons for Energy Storage. Ceseq-11” (м. Віші, Франція, 2011); Міжнародній науково-практичній конференції „Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів” (м. Київ, НУХТ, 2010); Міжгалузевій науково-практичній конференції „Актуальні проблеми безпеки харчування” (м. Донецьк, 2010); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і студентів „Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарства і торгівлі” (м. Харків, 2011); VIII Українсько- Польській конференції молодих науковців „Механіка та інформатика” (м. Хмельницький, 2011).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 29 друкованих праць: із них – 7 статей у фахових наукових журналах та збірниках наукових праць, перелік яких затверджено атестаційною колегією України, 15 тез доповідей на наукових конференціях, за темою дисертації отримано 7 патентів України: 5 - на корисну модель та 2 - патенти України на винахід.

Структура роботи. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 148 найменувань. Обсяг основної частини роботи складає 135 сторінок друкованого тексту. Дисертація ілюстрована 20 рисунками та 14 таблицями, містить 7 - додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, наведені наукова новизна і практичне значення роботи.

В **першому розділі** “*Стан використання адсорбційних процесів для підвищення якості соку столового буряка*” проведено огляд літературних джерел, присвячених вивченню процесу адсорбції у системі тверде тіло - рідина, визначенню фізичних констант і кінетичних характеристик масопереносу.

Проаналізовано теорії адсорбції, висунуті Ленгмюром, Полянні, Дубініним М. М., наведено основні закономірності кінетики і динаміки адсорбційних процесів, розглянуто властивості, структуру досліджуваних природних адсорбентів та змочуваність пористих тіл.

Визначено пріоритетні напрямки удосконалення процесу адсорбційного очищення соку столового буряка та харчового барвника з нього.

У **другому розділі** „*Об'єкти і методи досліджень та експериментальні установки*” наведено характеристики природних дисперсних мінералів основних кристалохімічних груп родовищ України: Дашуківського (палигорськіт, монтморилоніт), Ташківського (глауконіт) та адсорбент вуглецевої природи Карельського родовища Росії (шунгіт).

Підбір ефективних адсорбентів для очищення соку столового буряка від пектинових речовин, здійснювали за показником ефекту очищення, вираженим у відсотковому відношенні кількості пектинових речовин у соку до і після оброблення сорбентом. Вміст пектинових речовин визначали модифікованим кальцій-пектатним методом.

Адсорбційну спроможність шунгіта щодо нітрат-іонів визначали на приладі „Іономір И-160М”. Кількість поглинутих іонів важких металів із соку столового буряка шунгітом встановлювали методом атомно-адсорбційної спектроскопії на приладі С-115 М1. Питому поверхню шунгіта визначали методом теплової десорбції на газовому аналізаторі „NOVA 2200e”. Вміст барвних речовин знаходили за реакцією Нейбауера-Левенталя. Мікробіологічні показники очищеного шунгітом соку столового буряка отримували шляхом висіву розведеної в 10 разів проби очищеного і неочищеного соку на поживне середовище поверхневим методом. Органолептичні показники очищеного шунгітом соку столового буряка визначали дегустаційним методом.

Криві адсорбції пектинових речовин та нітрат-іонів із соку столового буряка шунгітом будували на основі отриманих експериментальних даних.

Дослідження адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка природними сорбентами (рис. 1) та регенерації шунгіта перегрітою водяною парою (рис. 2) проводили на двох спроектованих і виготовлених експериментальних установках.

Свіжий сік столового буряка при температурі 20, 40, 50 та 60°C, змішували з підготовленим адсорбентом концентрацією, мас. %: 2,44; 3,23; 4,76 та 9,09. Суміш при постійному перемішуванні витримували 10...60 хв, фільтрували та визначали вміст пектинових речовин у соку. Контрольна проба витримувалась в умовах досліду без оброблення адсорбентом. Результати порівнювали за ефектом очищення.

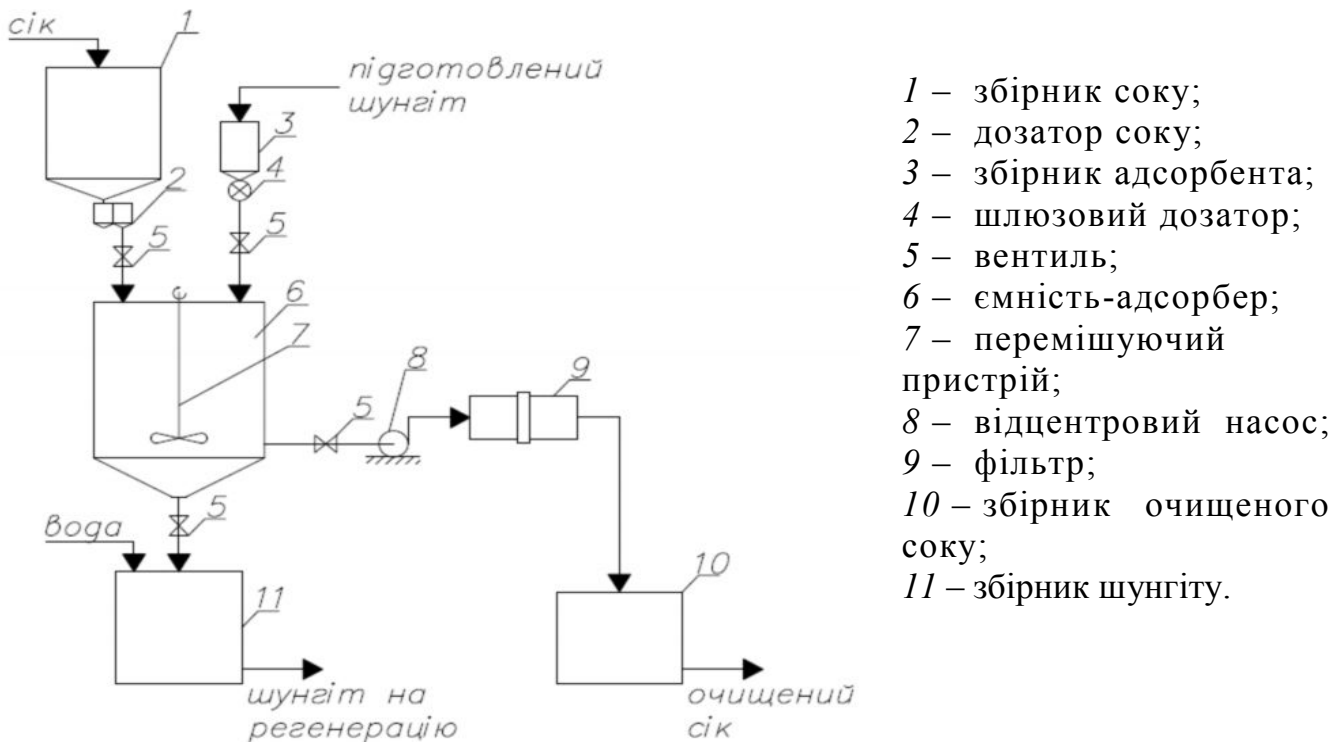


Рис. 1. Схема дослідної установки для адсорбційного очищення соку столового буряка.

Відпрацьований адсорбент (шунгіт) регенерували перегрітою водяною парою, утвореною в паровому котлі 1 шляхом нагрівання води теном 10 і проходження її через сепаратор 9 та пароперегрівник 3. Досліджуваний зразок адсорбента (10 г) встановлювали у дослідній камері 4, в якій тиск вимірювали манометром 5.

Відпрацьована пара надходила у конденсатор 6, конденсат накопичувався у збірнику 7. Рівень конденсату вимірювали за допомогою мірного скла 8.

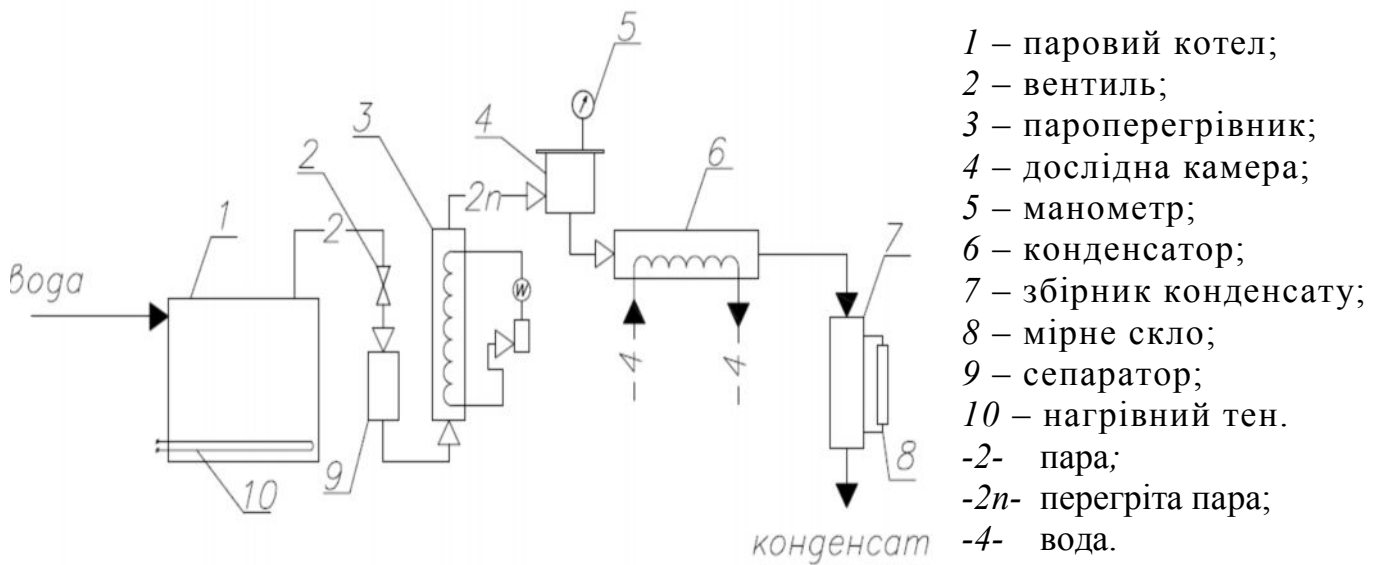


Рис. 2 Схема дослідної установки регенерації шунгіта.

Планування експериментів, постановку та розв’язання задач оптимізації, статистичну обробку результатів експериментальних досліджень виконували за допомогою методів математичної обробки даних та пакету прикладних програм Microsoft Excel, Object Pascal.

У третьому розділі “Дослідження адсорбції домішок із соку столового буряка шунгітом” проведено вибір ефективного адсорбента для очищення соку столового буряка від пектинових речовин із низки досліджуваних природних дисперсних мінералів. Отримані доцільні величини ефектів очищення соку столового буряка від пектинових речовин: шунгітом ($E=42,1\%$ при його концентрації $4,76\%$ мас.), палигорськітом ($E=39,3\%$ при його концентрації $4,76\%$ мас.), монтморилонітом ($E=36\%$ при його концентрації $9,09\%$ мас.), глауконітом ($E=29,2\%$ при його концентрації $2,44\%$ мас.).

При розділенні суміші адсорбент - сік виникли труднощі, спричинені наявністю великого гідравлічного опору, створеного шаром глинистих природних адсорбентів. Крім того, монтморилоніт схильний до набухання, а глауконіт надає соку стороннє забарвлення, що унеможлиблює його використання для оброблення соку. В подальших дослідженнях для адсорбційного очищення соку столового буряка використовували шунгіт.

Для обґрунтування вибіркової адсорбції шунгіта були визначені його радіуси і об’єми пор. Обґрунтовано процес змочування шунгіта соком столового буряка, визначено його швидкість і тривалість. Значення сили тяжіння у капілярах не враховували, бо її величина значно менша від тисків, створюваних силами поверхневого натягу. Тривалість змочування частинок шунгіта визначено як суму часу проходження соку через мезо- та мікропори, і вона дорівнює $0,07$ с, що є нехтовно малою величиною, порівняно із тривалістю встановлення фазової рівноваги, яка при адсорбційному очищенні досягається за 30 хв.

Для розрахунку фізичних констант і кінетичних характеристик масопереносу пектинових речовин в порах адсорбента були побудовані криві адсорбції, які представлені на рис. 3.

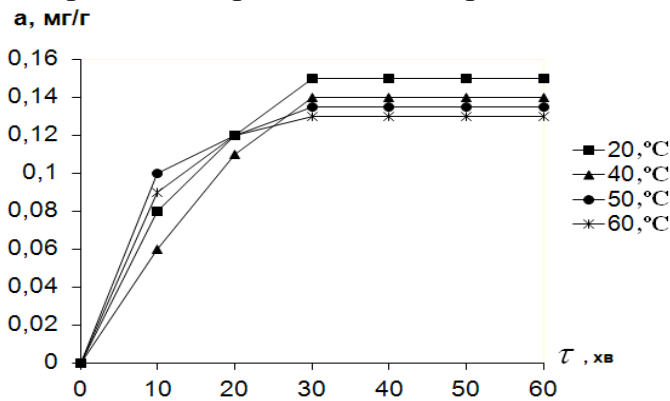


Рис. 3. Кінетичні криві адсорбції пектинових речовин шунгітом концентрацією 4,76% мас. із соку столового буряка при різних температурах тривалостях взаємодії.

Коефіцієнт масовіддачі при зовнішній дифузії визначали:

$$\beta_3 = \frac{D_3 \cdot Nu}{d}, \quad (2)$$

де D_3 - коефіцієнт зовнішньої дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$; який знаходили із рівняння:

$$D_3 = \frac{K \cdot r^2}{\pi^2 \cdot \tau_{0,5}}, \quad (3)$$

Nu - критерій Нусельта, який визначали з рівняння $Nu = 1,6 \cdot Re^{0,54}$;

K - коефіцієнт, який залежить від форми гранул ($K=0,34$); r - еквівалентний радіус пористої частинки шунгіта ($r=1,6 \cdot 10^{-3}$ м); $\tau_{0,5}$ - проміжок часу від початку досліду до моменту, коли кількість адсорбованої речовини досягає 50% від рівноважної величини адсорбції, с.

Отримано коефіцієнти зовнішньої дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$: $1,52 \cdot 10^{-10}$ – при обробленні соку шунгітом при температурі 20°C ; $1,69 \cdot 10^{-10}$ – при 40°C ; $1,69 \cdot 10^{-10}$ і $2,54 \cdot 10^{-10}$ при температурі 50°C і 60°C , відповідно.

Розраховано коефіцієнти масовіддачі при зовнішній дифузії, $\text{м}/\text{с}$: $\beta_3 = 3,12 \cdot 10^{-8}$ (при $t=20^\circ\text{C}$), $5,49 \cdot 10^{-8}$ (при $t=40^\circ\text{C}$); $6,42 \cdot 10^{-8}$ (при $t=50^\circ\text{C}$); $1,07 \cdot 10^{-7}$ (при $t=60^\circ\text{C}$).

Коефіцієнт масовіддачі при внутрішній дифузії в порах шунгіта визначали:

$$\beta_6 = \frac{10 \cdot D_6}{d_n}, \quad (4)$$

де D_6 - коефіцієнт внутрішньої дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$, який обчислювали за рівнянням (5); d_n - діаметр пор адсорбента (для шунгіта $\approx 7 \cdot 10^{-9}$ м).

Для розрахунку коефіцієнта масопередачі пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом використали залежність:

$$k_a = \frac{1}{\frac{1}{\beta_3} + \frac{1}{\beta_6}}, \quad (1)$$

де k_a - коефіцієнт масопередачі, $\text{м}/\text{с}$; β_3 - коефіцієнт масовіддачі при зовнішній дифузії, $\text{м}/\text{с}$;

β_6 - коефіцієнт масовіддачі при внутрішній дифузії в порах адсорбента, $\text{м}/\text{с}$.

$$D_e = \frac{\varepsilon_u D_3}{2} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{2d_n}{3D_3} \cdot \sqrt{\frac{8RT}{M}}\right) \right], \quad (5)$$

де ε_u - пористість адсорбента (для шунгіта – 0,5); M – молекулярна маса адсорбтива.

Коефіцієнти внутрішньої дифузії пектинових речовин при обробленні соку столового буряка шунгітом, $\text{м}^2/\text{с}$: при температурі 20°C – $3,79 \cdot 10^{-11}$, при 40°C – $4,22 \cdot 10^{-11}$, $4,22 \cdot 10^{-11}$ і $6,33 \cdot 10^{-11}$ при температурі 50°C і 60°C , відповідно.

Отримано коефіцієнти масовіддачі при внутрішній дифузії пектинових речовин в порах адсорбента, $\text{м}/\text{с}$: $\beta_e = 5,4 \cdot 10^{-2}$ (при $t=20^\circ\text{C}$); $6,0 \cdot 10^{-2}$ (при $t=40^\circ\text{C}$); $6,0 \cdot 10^{-2}$ (при $t=50^\circ\text{C}$); $9,0 \cdot 10^{-2}$ (при $t=60^\circ\text{C}$).

Розраховано коефіцієнти масопередачі пектинових речовин із соку столового буряка, $\text{м}/\text{с}$: $k_a = 0,054$ при $t=20^\circ\text{C}$; $0,06$ при $t=40^\circ\text{C}$; $0,06$ і $0,09$ при $t=50^\circ\text{C}$ і $t=60^\circ\text{C}$.

Досліджено залежність коефіцієнта зовнішньої і внутрішньої дифузії від температури суміші адсорбент - сік (рис. 4, 5) і встановлено, що вони зростають із збільшенням температури оброблення соку. Ймовірно це відбувається за рахунок броунівського руху молекул адсорбента і адсорбтива.

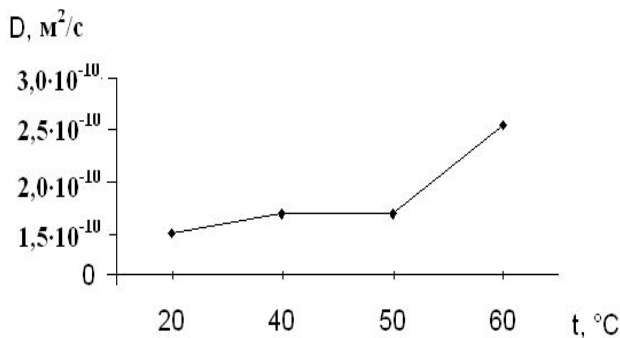


Рис.4 Залежність коефіцієнта зовнішньої дифузії від температури при концентрації шунгіта 4,76% мас.

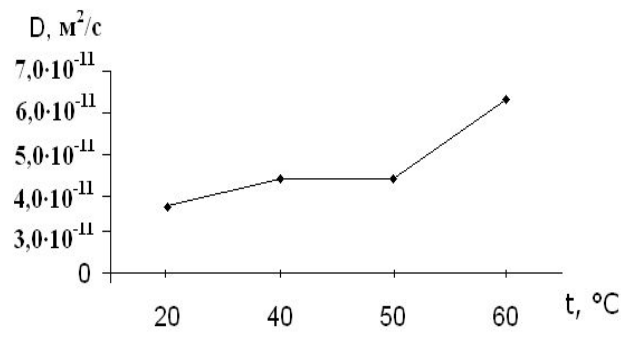


Рис.5 Залежність коефіцієнта внутрішньої дифузії від температури при концентрації шунгіта 4,76% мас.

Досліджено поглинальну спроможність шунгіта щодо нітрат-іонів (рис. 6).

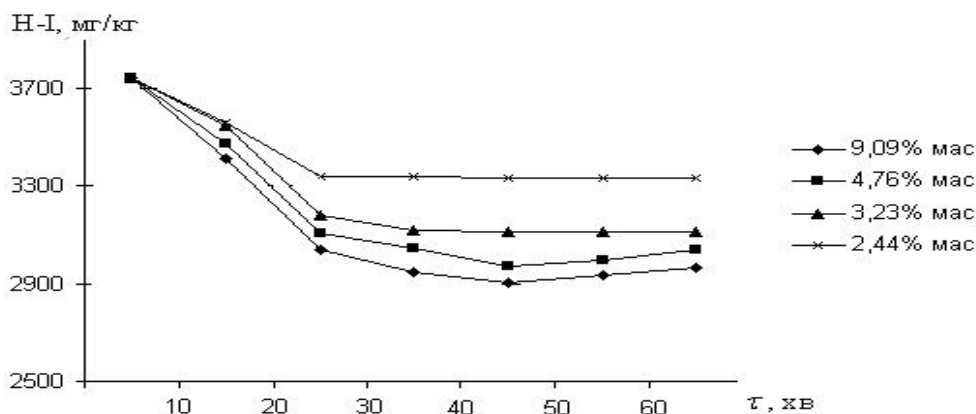


Рис. 6 Зміна вмісту нітрат-іонів (Н-І , $\text{мг}/\text{кг}$) у соку столового буряка при його обробленні шунгітом при температурі 50°C .

Механізм адсорбції нітрат-іонів можна пояснити структурою адсорбента. Нітрат-іони, ймовірно, накопичуються в порах між окремими нанотрубками, бо за розмірами вони – менші, ніж ці пори. Розроблено математично-статистичну модель, за допомогою якої визначено оптимальні параметри процесу адсорбції нітрат-іонів шунгітом (рис. 7). Встановлено, що при концентрації шунгіта – 5,86...9,15 % мас., тривалості 28...40 хв – поглинається до 25% нітрат-іонів.

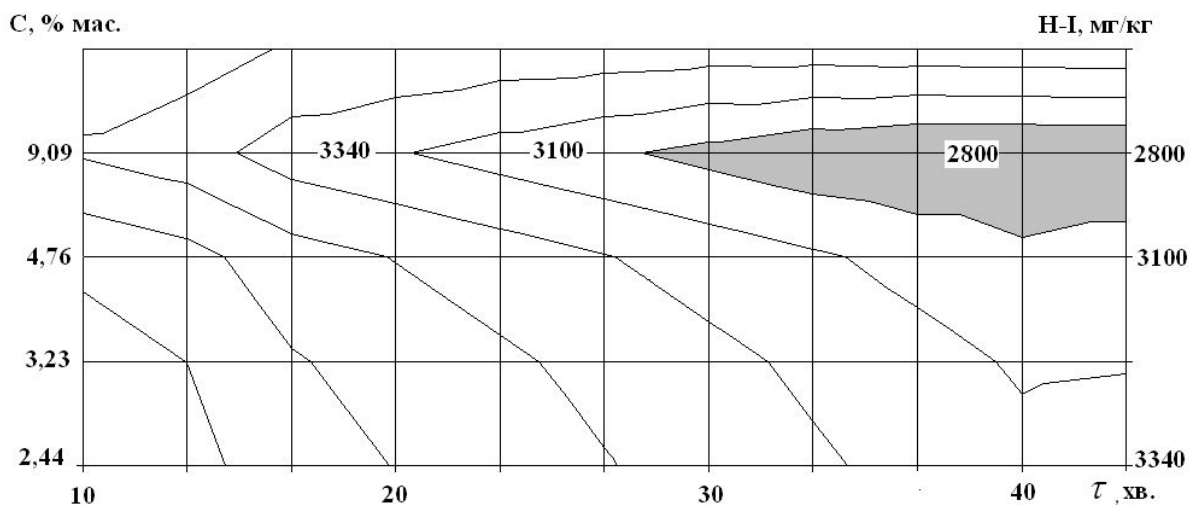


Рис.7 Оптимальні параметри адсорбційного очищення соку столового буряка шунгітом від нітрат-іонів.

Встановлено адсорбційну спроможність шунгіта щодо іонів важких металів (табл.).

Таблица

Вміст іонів важких металів (мг/г) у соку столового буряка до та після оброблення його шунгітом концентрацією 4,76% мас., тривалістю взаємодії сік - адсорбент 30 хв, при $t=50^{\circ}\text{C}$

Назва	ГДК, мг/г	Вміст іонів важких металів у соку столового буряка	
		до оброблення шунгітом	після оброблення шунгітом
Свинець	0,50	2,10	1,15
Цинк	10,00	4,18	2,01
Нікель	Не регламентується	1,66	0,86
Манган	Не регламентується	3,74	2,16
Мідь	5,00	1,38	0,42
Кадмій	0,03	0,026	0,0023
Ртуть	0,02	0,020	0,015

Кількість свинцю, цинку, нікелю в обробленому шунгітом соку знижується приблизно вдвічі, міді – втричі, кадмію в 10 разів, вміст мангану зменшується на 40%, а ртуті – на 25%.

Механізм адсорбції іонів важких металів пояснюється здатністю фулеренів створювати реакційно спроможні іонообмінні центри, внаслідок чого утворюються з'єднання з різним типом хімічного зв'язку.

Досліджено асептичні властивості шунгіта щодо шкідливих видів мікроорганізмів, що особливо важливо при виробництві харчового барвника. Шунгіт концентрацією 4,76 %мас., при температурі оброблення соку 50...60°C, тривалістю 30 хв забезпечує ефект очищення соку столового буряка від шкідливих бактерій, дріжджів, цвілевих грибів на 70...80%. Механізм адсорбції можна пояснити тим, що під впливом температури відбувається часткова коагуляція білків мікроорганізмів, внаслідок чого змінюється водна оболонка і у клітини зникає ξ -потенціал. Втративши свій заряд, мікроорганізми взаємодіють із адсорбентом за рахунок сил Ван-дер-Ваальса-Лондона.

Фізико-хімічні показники та вміст барвних речовин в очищеному шунгітом соку - не змінюється. Барвні речовини не адсорбуються, бо на міжфазній межі молекули антоціанів, що складають основу барвних речовин, розташовуються так, що гідрофільна група залишається в рідкій фазі і має місце гідрофобний ефект.

Проведена автором органолептична оцінка очищеного шунгітом соку, спільно із членами дегустаційної комісії Центральної лабораторії продуктів переробки плодоовочів, картоплі і винограду Міністерства аграрної політики України, показала, що за смаком, ароматом і забарвленням, загальною кислотністю та рН, сік, очищений шунгітом, не відрізняється від необробленого адсорбентом зразка.

У четвертому розділі **“Відновлення адсорбційної спроможності шунгіта, моделювання та оптимізація процесу регенерації”** проведено дослідження процесу регенерації шунгіта за допомогою перегрітої водяної пари. Керувалися економічною доцільністю, наявністю перегрітої водяної пари та відповідного обладнання на консервних заводах. Для досліджень використовували перегріту водяну пару температурою 140...180°C при тиску 0,3 МПа. Тривалість досліджень - 10...30 хв. Регенований шунгіт повторно використовували для адсорбції пектинових речовин. Розраховано ефект очищення соку столового буряка регенованим перегрітою водяною парою шунгітом - залежно від температури та тривалості регенерації (рис. 8).

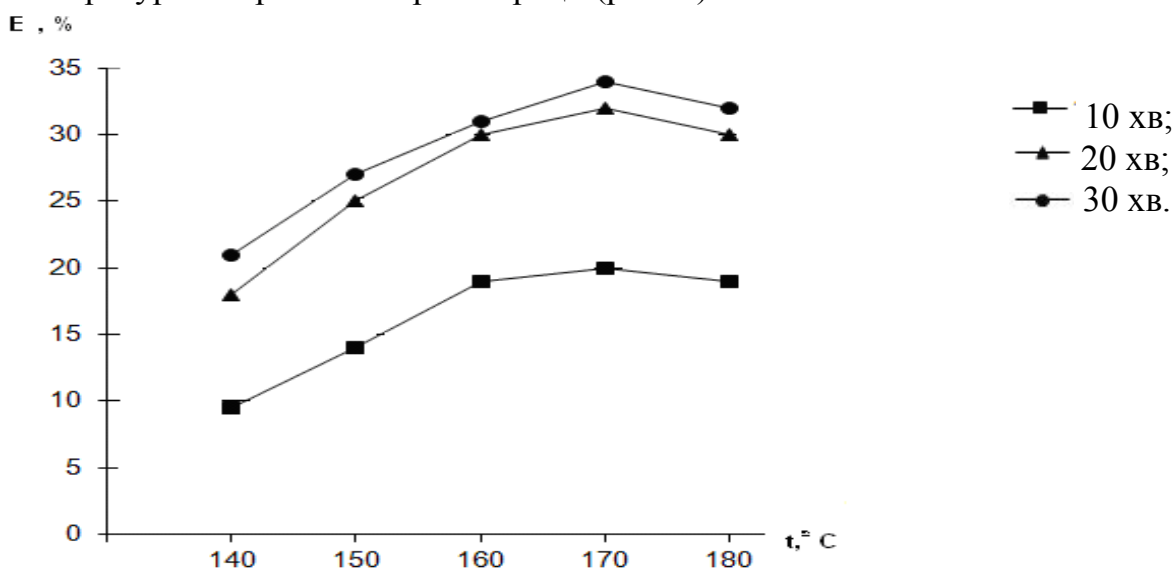


Рис.8 Залежність ефекту очищення соку столового буряка регенованим перегрітою водяною парою шунгітом від температури та тривалості регенерації.

Результати досліджень дозволили розробити математично-статистичну модель процесу регенерації шунгіта, з використанням рототабельного планування другого порядку.

$$y = -490.5 + 6.2t_n + 0.1\tau + 0.02t_n \cdot \tau - 0.02t_n^2 - 0.1\tau^2, \quad (6)$$

де t_n - температура перегрітої водяної пари, °С, τ - тривалість регенерації, хв.

На основі отриманої математичної моделі проведено оптимізацію процесу регенерації шунгіта перегрітою водяною парою (рис. 9).

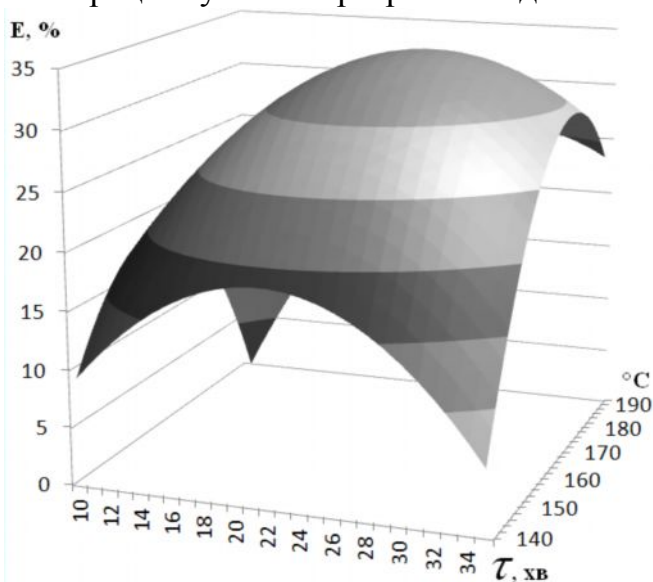


Рис.9 Оптимальні параметри процесу регенерації шунгіта перегрітою водяною парою.

Визначено оптимальні параметри регенерації шунгіта перегрітою водяною парою: $t_n=170$ °С, тривалість – 26 хв. При цьому отримано найвищий ефект очищення соку столового буряка від пектинових речовин - 34,7%. Встановлено доцільність п'ятикратного використання шунгіта для адсорбційних процесів. В подальшому відпрацьований шунгіт може бути утилізований спалюванням.

У п'ятому розділі „*Моделювання процесу адсорбції пектинових речовин та розробка удосконалених апаратно-технологічних схем виробництва соку столового буряка та барвника з нього*” розроблено математичну модель, за допомогою якої можна розрахувати час поглинання домішок, наприклад пектинів, із соку столового буряка шунгітом до настання фазової рівноваги. В умовах настання фазової рівноваги кількість адсорбованих пектинових речовин у порах сорбента дорівнює концентрації адсорбтива у розчині соку. Цю залежність було розраховано і представлено у вигляді рівноважної ізотерми Ленгмюра (рис. 10).

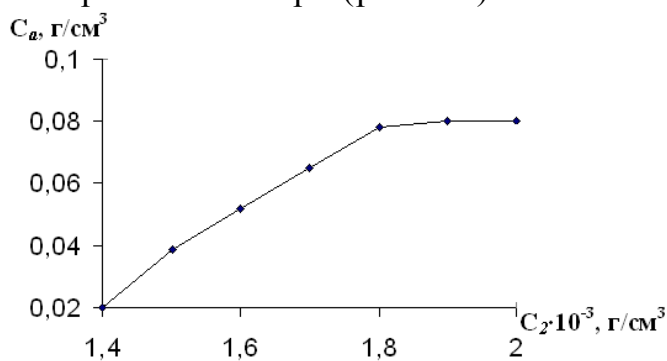


Рис. 10 Рівноважна ізотерма адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом концентрацією 4,76% мас., $t=50$ °С, τ - 30 хв.

Представлено рівняння матеріального балансу для обраного діапазону концентрації:

$$c_{1к} - c_1 = \beta(c_a + c_2) \quad (7)$$

де β - безрозмірна величина, яка характеризується наявністю прямо- чи протитечії

$$\beta = \frac{c_{1н} - c_{1к}}{c_{ак} + c_{2к}};$$

$c_{1к}$ - кінцева концентрація пектинових речовин в соку, г/см³;

c_{1n} - початкова концентрація пектинових речовин в соку, г/см³; c_a - вага адсорбованої речовини в одиниці об'єму пор, г/см³; $c_{2κ}$ - кінцева концентрація цільового компонента в порах адсорбента, г/см³, c_2 - проміжні концентрації пектинових речовин у соку під час його взаємодії з адсорбентом.

Висунуто припущення, що концентрація в порах адсорбента по закінченню тривалості контакту фаз $c_{2κ} < c_{1n}$. Розв'язано систему рівнянь:

$$\begin{cases} -\frac{d}{d\tau_a} \cdot (c_2 + c_a) = 3(c_2 - c_1) \\ c_a = \frac{c_\infty \cdot c_2}{c_i + c_2} \\ \beta(c_{a0} - c_2 - c_a) = c_1 - c_m \end{cases} \quad (8)$$

Прийнято початкові і граничні умови: $\tau_a = 0$, $c_2 = 0$, $c_a = c_{a0} = 0$. Після перетворень, математична модель має вид:

$$\tau_a = \frac{M}{3\beta} \cdot \ln\left(1 - \frac{c_a}{c_\infty}\right) + \frac{N}{3\beta} \cdot \ln\left(1 - \frac{c_a}{\mu_2}\right) + \frac{P}{3\beta} \cdot \ln\left(1 - \frac{c_a}{\mu_3}\right) \quad (9)$$

де μ_2 і μ_3 - корені квадратного рівняння;

$$\beta\mu^2 - A\mu + B = 0. \quad (10)$$

Розраховано коефіцієнти A і B :

$$A = c_{1κ} + c_i + \beta(c_{20} + c_{a0} + c_\infty + c_i); \quad (11)$$

$$B = c_\infty [c_{1κ} + \beta(c_{20} + c_{a0})]; \quad (12)$$

Визначено коефіцієнти M , N і P із наступних співвідношень:

$$M = \frac{c_\infty \cdot c_i}{(c_\infty - \mu_2)(c_\infty - \mu_3)}; \quad (13)$$

$$N = \frac{c_\infty c_i + (c_\infty - \mu_2)^2}{(\mu_2 - c_\infty)(\mu_2 - \mu_3)}; \quad (14)$$

$$P = \frac{c_\infty c_i + (c_\infty - \mu_3)^2}{(\mu_3 - c_\infty)(\mu_3 - \mu_2)}. \quad (15)$$

Наведено (рис. 11) удосконалену апаратно-технологічну схему виробництва соку столового буряка, за якою буряковий сік після пресування надходить у збірник 1, потім самопливом проходить через сито 2 з діаметром отворів 0,5...0,8 мм і накопичується у проміжній ємності 3. Відцентровим насосом 11 сік подається на дозування у збірник-мірник соку 4, а потім - в адсорбер 6, в який зі збірника 5 шлюзовим дозатором подається підготовлений шунгіт. Після адсорбційного очищення сік через збірник 7 надходить на фільтр-прес 8. Очищений буряковий сік накопичується у збірнику соку 9, а відпрацьований шунгіт у збірнику 10.

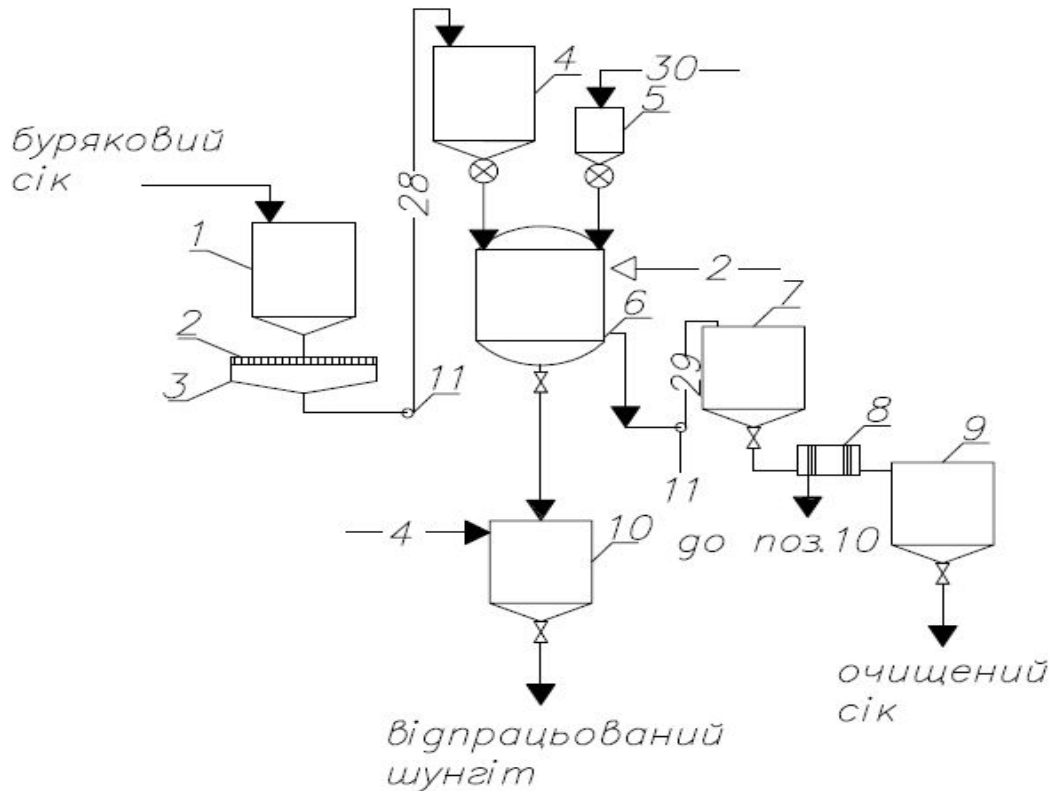


Рис. 11 Удосконалена апаратурно-технологічна схема виробництва соку столового буряка.

1- збірник соку; 2 – сито; 3 – проміжна ємність; 4 – збірник-мірник соку; 5 – збірник шунгіта; 6 – адсорбер; 7 – збірник соку; 8 – фільтр-прес; 9, 10 – збірники очищеного соку і відпрацьованого шунгіта, 11 – відцентровий насос.
 -2- пара; -4- вода; -28- сік після грубої фільтрації; -29- очищений сік; -30- підготовлений шунгіт.

Розроблений метод забезпечує високі якісні показники очищеного шунгітом соку столового буряка (4,9 бала по 5-ти бальній системі), зменшення витрат коштовних, синтетичних реагентів, що дає можливість очікувати економічну ефективність від впровадження удосконаленого методу адсорбційного очищення соку столового буряка шунгітом для одного заводу продуктивністю 3000 л/добу – 32956 грн/рік.

Представлено (рис. 12) удосконалену апаратурно-технологічну схему виробництва натурального харчового барвника із соку столового буряка, доповнену двома адсорберами з шунгітом. Проінспектовані буряки із транспортеру 1 елеватором 2 подаються в бланшувач 3, де бланшуються протягом 10 хвилин із додаванням 2%-ного розчину лимонної кислоти, потім транспортером 4 подаються на універсальну плодоовочеву дробарку 5, де подрібнюються до частинок, розміром 2...4 мм, які потім пресують на гідравлічному пресі 6. Буряковий сік подається відцентровим насосом 14 у напірний збірник 7, звідки самопливом надходить в адсорбер 8 із шунгітом. Очищений сік накопичується у збірнику 15.

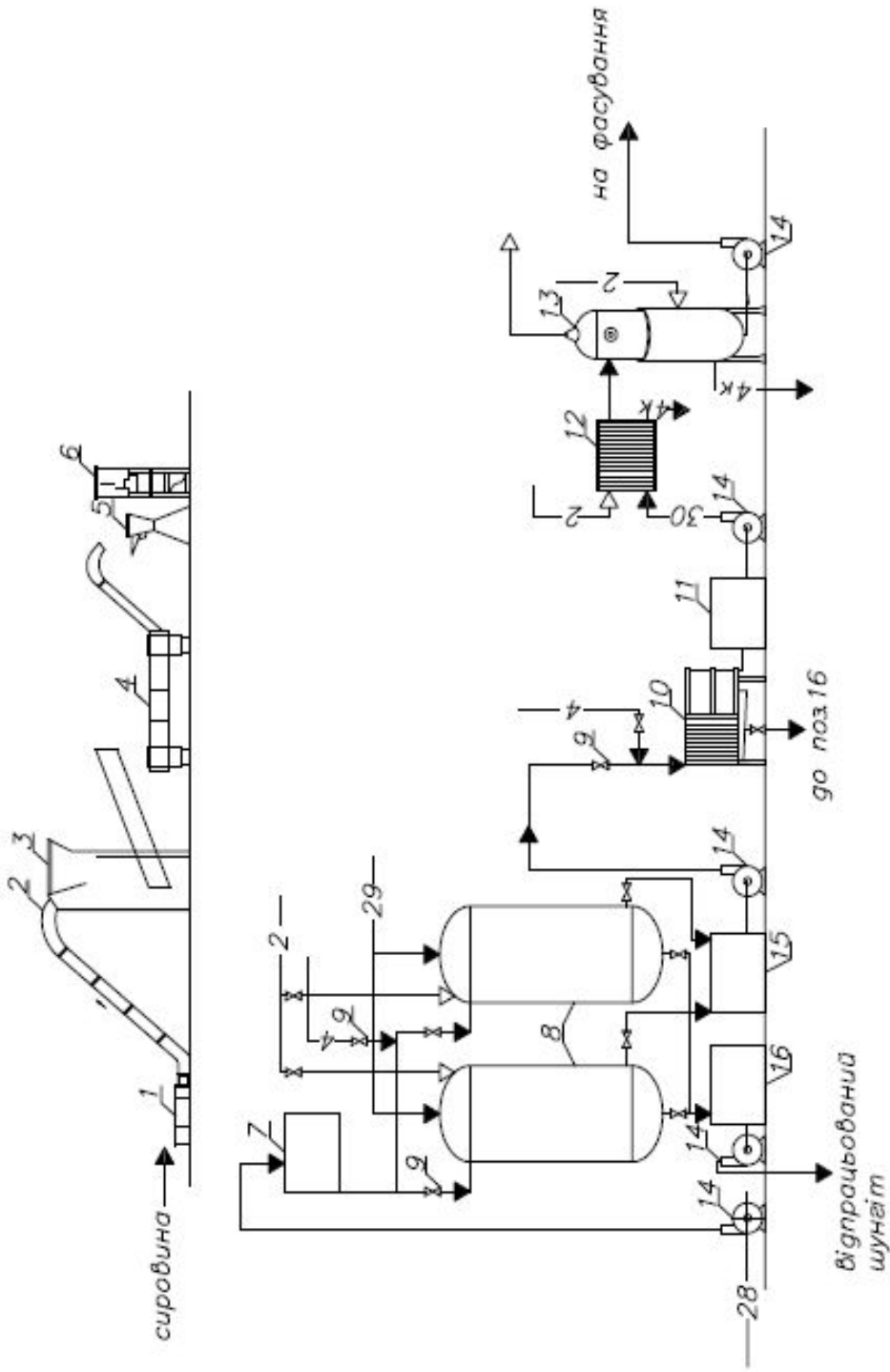


Рис. 12 Удосконалена апаратурно-технологічна схема виробництва натурального барвника.

- 1,4 – транспортер; 2- елеватор; 3 – бланшувач; 5 – плодоовочева дробарка; 6 – гідравлічний прес;
 7 – напірний збірник; 8 – адсорбер; 9 – вентиль; 10 – фільтр-прес; 11 – теплообмінник;
 13 – вакуум-випарний апарат; 14 – відцентровий насос; 15 – збірник соку; 16 – збірник відпрацьованого шунгіта.
 -2- пара; -4- вода; -4к- конденсат; -28- сік столового буряка; -29- підготовлений шунгіт;
 -30- очищений сік столового буряка.

Шунгіт поглинає із соку столового буряка частину пектинових речовин, нітрат-іонів, іонів важких металів, шкідливих мікроорганізмів. Оброблений сік відцентровим насосом 14 подається на фільтр-прес 10, де додатково очищується від залишків адсорбента. Потім сік через збірник 11 надходить у теплообмінник 12, а далі – у вакуум-випарний апарат 13, де його концентрують близько 6 годин. Упарювання соку проходить при розрідженні 0,055...0,060 МПа і температурі 55...60°C.

Ефективність удосконаленого методу очищення соку столового буряка шунгітом при виробництві харчового барвника підтверджується значним зменшенням кількості шкідливих мікроорганізмів в соку, стабільністю соку до утворення колоїдних помутнінь, відсутністю процесу желювання при упарюванні соку столового буряка.

ВИСНОВКИ

Базуючись на одній із головних задач харчової промисловості щодо підвищення якості і безпеки продукції консервної галузі, використання природних мінералів на зміну коштовних, імпортованих та розв'язання проблеми ресурсо- і енергозбереження, в роботі виконано наступне:

1. Удосконалено процес адсорбційного очищення соку столового буряка від небажаних домішок природними адсорбентами.

2. Досліджено природні мінерали: палигорськіт, глауконіт, монтморилоніт, шунгіт для адсорбційного очищення соку столового буряка від шкідливих домішок та встановлено їх вибірковість адсорбції. Ефективним для очищення соку виявився вуглецевовмісний адсорбент – шунгіт.

3. Вперше досліджено кінетику адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом. Отримано кінетичні криві адсорбції пектинових речовин, за допомогою яких визначено фізичні константи (коефіцієнти зовнішньої дифузії пектинових речовин в залежності від температури, м²/с: $D_{20} = 1,52 \cdot 10^{-10}$; $D_{40} = 1,69 \cdot 10^{-10}$; $D_{50} = 1,69 \cdot 10^{-10}$; $D_{60} = 2,54 \cdot 10^{-10}$; коефіцієнти внутрішньої дифузії в порах адсорбента в залежності від температури, м²/с: $D_{20} = 3,79 \cdot 10^{-11}$; $D_{40} = 4,22 \cdot 10^{-11}$; $D_{50} = 4,22 \cdot 10^{-11}$; $D_{60} = 6,33 \cdot 10^{-11}$); та кінетичні характеристики: коефіцієнт масовіддачі при зовнішній дифузії, м/с (при t=20°C складає $\beta_s = 3,12 \cdot 10^{-8}$; при t=40°C – $\beta_s = 5,49 \cdot 10^{-8}$; при t=50°C – $\beta_s = 6,42 \cdot 10^{-8}$; при t=60°C – $\beta_s = 1,07 \cdot 10^{-7}$; при внутрішній дифузії, м/с: $\beta_e = 5,4 \cdot 10^{-2}$ (20°C); $\beta_e = 6,0 \cdot 10^{-2}$ (40°C); $\beta_e = 6,0 \cdot 10^{-2}$ (50°C); $\beta_e = 9,0 \cdot 10^{-2}$ (60°C), коефіцієнт масопередачі, м/с: при t=20, 40, 50 і 60°C складає, відповідно, $k_a = 0,054$; 0,06; 0,06 і 0,09 м²/с.

4. Вивчено процес змочування шунгіта соком столового буряка; розрахована максимальна його тривалість, яка складає для мезопор – 0,059 с, для мікропор – 0,007 с, що у порівнянні з тривалістю встановлення адсорбційної рівноваги є нехтовно малою величиною.

5. Розроблено та перевірено на адекватність математичну модель, яка дає можливість визначити тривалість адсорбції пектинових речовин шунгітом до настання фазової рівноваги. Дана модель може бути використана для визначення

тривалості адсорбції інших домішок із соку столового буряка до настання фазової рівноваги.

6. Встановлено вибірковість адсорбції шунгітом нітрат-іонів, іонів важких металів, шкідливих мікроорганізмів. Кількість свинцю, цинку, нікелю в обробленому шунгітом соку знижується в 2 рази, міді - в 3 рази, кадмію - в 10 разів, вміст мангана зменшується на 40%, а ртуті - на 25%. Ефект очищення соку від бактерій, дріжджів, цвілевих грибів складає 70...80%. Вміст барвних речовин в обробленому шунгітом соку не змінюються.

7. Отримано оптимальні параметри вилучення нітрат-іонів із соку столового буряка шунгітом: концентрація адсорбента 5,86...9,15% мас., тривалість взаємодії 28...40 хв, при цьому адсорбується 25 % нітрат-іонів.

8. Досліджено процес регенерації шунгіту. Встановлено, що найкраще регенерацію адсорбента проводити перегрітою водяною парою. Розроблена математична модель дала можливість оптимізувати процес десорбції пектинових речовин та встановити оптимальні параметри регенерації шунгіта перегрітою водяною парою: температура - 170°C, тривалість - 26 хвилин. При цьому досягається ефект очищення соку від пектинових речовин в 34,7%. Доведена доцільність п'ятикратної регенерації шунгіта для використання його в адсорбційних процесах.

9. Удосконалення процесу адсорбційного очищення соку столового буряка та отримання натурального барвника з використанням шунгіта дало можливість відмовитись від використання коштовних ферментних препаратів і желатину та підвищити безпеку соку при збереженні його високих якісних показників. Очікуваний економічний ефект тільки для одного заводу продуктивністю 3000 л/добу складе 32956 грн/рік.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шейко Т. В. Адсорбція пектинових речовин із соку столового буряка палигорськітом/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Жестерева Н. А., Папизук Л. С.// Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях", - 2008 р., - № 1 (50), - С. 104-107.

Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення результатів, оформлення статті.

2. Шейко Т. В. Кінетика адсорбції пектинових речовин монтморилонітом і глауконітом із соку столового буряка/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Марценюк О. С.// Журнал „Наукові праці НУХТ”, Київ, - 2009 р., - №29, - С. 33 – 36.

Особистий внесок: участь у підборі літературних джерел, організації та проведенні досліджень, оброблення експериментальних даних та написанні статті.

3. Мельник Л. Н. Очистка сока столовой свеклы сорбентами/ Мельник Л. Н., Мельник З. П., Шейко Т. В.// Сборник научных трудов «Пищевая наука, техника и технологии 2010» Том 1, Пловдив, - 2010, - С. 313-318.

Особистий внесок: участь у експериментальних дослідженнях, узагальненні результатів, підготовка матеріалів до публікації.

4. Шейко Т. В. Адсорбційне очищення соку столового буряка від нітрат-іонів/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Жестерева Н. А., Мачай Н. Ю.// Тематичний

збірник наукових праць „Обладнання та технології харчових виробництв”, Донецьк, - 2011, - Випуск 27, - С. 311-316.

Особистий внесок: аналіз джерел літератури, проведення досліджень, підготовка матеріалів до публікації.

5. Мельник Л. Н. Адсорбционная очистка сока столовой свеклы от ионов тяжелых металлов шунгитом/ Мельник Л. Н., Строй А. Н., Шейко Т. В.// Сборник научных трудов «Пищевая наука, техника и технологии - 2011» Том 1, Пловдив, - 2011, - С. 537-540.

Особистий внесок: участь у експериментальних дослідженнях, підготовка матеріалів до публікації.

6. Шейко Т. В. Дослідження кінетики адсорбції пектинових речовин шунгітом із соку столового буряка/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Марценюк О.С.// Журнал „Харчова промисловість”, Київ, - 2011 р., - №10-11, С. 203 – 207.

Особистий внесок: участь у проведенні експериментальних досліджень, аналіз результатів, оформлення статті.

7. Шейко Т. В. Очищення шунгітом соку столового буряка від пектинових речовин/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Марценюк О. С.// Журнал „Наукові праці НУХТ”, Київ, - 2011 р., - №37,38, - С. 163 – 167.

Особистий внесок: участь у експериментальних дослідженнях, підготовка матеріалів до публікації.

8. Пат. №93784 Україна, МПК С12Н1/02. Спосіб очищення овочевого соку/ Шейко Т. В., Мельник Л. М.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. - №200911208; заявл. 04.11.2009; опубл. 10.03.2011, Бюл. №5.

Особистий внесок: проведення патентного пошуку, участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

9. Пат. №93830 Україна, МПК А23Н1/00 В30В9/02 Лінія виробництва бурякового соку/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Матко С. В.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. -№2010 05248; заявл. 29.04.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. №5.

Особистий внесок: патентний пошук, участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

10. Пат. №44034 Україна, МПК С12Н1/06. Спосіб адсорбційного очищення овочевих соків Шейко Т. В., Мельник Л. М.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. -№2009 04942; заявл. 19.05.2009; опубл. 10.09.2009, Бюл. №17.

Особистий внесок: участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

11. Пат. №46541 Україна, МПК С12Н1/06. Спосіб очищення овочевих соків Шейко Т. В., Мельник Л. М.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. - № 2009 07180; заявл. 09.07.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. №24.

Особистий внесок: патентний пошук, участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

12. Пат. №48700 Україна, МПК С12Н1/00. Спосіб очищення овочевого соку/ Шейко Т. В., Мельник Л. М.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. -№2009 11207; заявл. 04.11.2009; опубл. 25.03.2010, Бюл. №6

Особистий внесок: участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

13. Пат. №55117 Україна, МПК А23N 1/00 С11В 9/02. Лінія виробництва бурякового соку/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Матко С. В.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. -№2010 05249; заявл. 29.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. №23

Особистий внесок: патентний пошук, участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

14. Пат. №61474 Україна, МПК С12Н1/06. Спосіб активації природного вуглецевомісного мінералу шунгіту/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Матко С. В.; заявник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. -№2010 14128; заявл. 26.11.2011; опубл. 25.07.2011, Бюл. №14

Особистий внесок: патентний пошук, участь у експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів заявки.

15. Шейко Т. В. Адсорбционная очистка свекольного сока от пектиновых веществ природными адсорбентами/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Манк В.В., Жестерева Н. А.// Материалы Международной конференции, 2-3 октября 2007г.: тезисы докл. - Минск, 2007, - С. 258-260.

Особистий внесок: участь у плануванні та проведенні експериментальних досліджень, обробка експериментальних даних та написання тез доповіді.

16. Шейко Т. В. Адсорбція пектинових речовин із соку столового буряка природними адсорбентами/ Шейко Т. В., Папижук Л. С., Мельник Л. М., Жестерева Н. А.// 74-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, 21-22 квітня 2008р.: тези допов., НУХТ, - К., 2008, - С.383-384.

Особистий внесок: участь в організації та проведенні експериментальних досліджень.

17. Шейко Т. В. Адсорбційне очищення соку столового буряку від пектинових речовин/ Шейко Т. В., Мельник Л. М.// Матеріали Міжнародної конференції „Актуальні проблеми харчування”, 10-12 вересня 2009р.: тези допов., - Святогірськ, 2009, - С. 101-103.

Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, участь в обробці експериментальних даних та написанні тез доповідей.

18. Шейко Т. В. Адсорбційне очищення соку столового буряку від нітрат-іонів/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Ганчук В. Д.// Матеріали III Всеукраїнської конференції „Природничі та гуманітарні науки Актуальні питання” 22-23 квітня 2010р.: тези допов., - Тернопіль, 2010, - С. 355

Особистий внесок: участь у проведенні досліджень, написання тез доповіді.

19. Савченко Т. М. Адсорбція пектинових речовин та нітрат-іонів із соку столового буряка природним вуглецевомісним мінералом шунгітом/ Савченко Т. М., Шейко Т. В., Мельник Л. М., Жестерева Н. А., Марценюк О. С.// 76-а Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, 12-13 квітня 2010 р.: тези допов., НУХТ, - К., 2010, - С.129

Особистий внесок: планування та проведення експериментальних досліджень, участь в обробленні експериментальних даних.

20. Шейко Т. В. Підвищення якості і безпеки соку столового буряка шунгітом/ Шейко Т. В., Мельник Л. М.// Матеріали Міжнародної науково-

практичної конференції „Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи”, 27-28 вересня 2010р.: тези допов., НУХТ, - К., 2010, - С. 72.

Особистий внесок: участь у підборі та теоретичному аналізі літературних джерел, написання тез доповідей.

21. Мельник Л. М. Удосконалення схеми адсорбційного очищення соку столового буряка від шкідливих домішок шунгітом/ Мельник Л. М., Шейко Т.В.// Міжгалузева науково-практична конференція „Актуальні проблеми безпеки харчування” 14-15 жовтня 2010р.: тези допов., - Донецьк, 2010, С. 122.

Особистий внесок: участь в аналізі літературних джерел та написання тез доповідей.

22. Мельник Л. М. Охорона довкілля – обов’язкова умова впровадження інноваційних технологій/ Мельник Л. М., Шейко Т. В.// VI Международная конференция „Стратегия качества в промышленности и образовании”, 4-12 июня 2010г.: тезисы докл.,- Варна, 2010, - С.280-282.

Особистий внесок: огляд літературних джерел та написання тез доповідей.

23. Sheiko T. Utilization of shungite for improving quality and safety of juices/ Sheiko T., Melnik L.//The Annual World Conference on Carbon” - Clemson, - South Carolina, USA, 2010, - P. 16.

Особистий внесок: планування та проведення експериментальних досліджень, участь в обробленні експериментальних даних та написання тез доповідей.

24. Sheiko T. Adsorption of Pectic Substances from Vegetable Juices with the Help of Carbon and Natural Sorbents,/ Sheiko T., Melnik L.// Fabrication, Modification and investigations of novel Forms of Carbon, The 8 Torunian Carbon Symposium, 2-5 september 2009j., -Torun, 2009, - P. 106.

Особистий внесок: планування та проведення експериментальних досліджень, участь в обробленні експериментальних даних.

25. Melnik L. Adsorption of ammonia nitrogen from water and of nitrate ions from vegetable juices by shungite/ Melnik L., Sheiko T.// 4 International Conference on Carbons for Energy Storage. „Cesep 11”, 25-29 september 2011j., - Vichi, 2011, - P.145.

Особистий внесок: планування та проведення експериментальних досліджень, оброблення експериментальних даних.

26. Шейко Т. В. Адсорбція мікроорганізмів із соку столового буряка шунгітом/ Шейко Т. В., Мельник Л. М., Мельник З. П.// 77-а Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, 11-12 квітня 2011р.: тези допов., - Київ, 2011, - С.83.

Особистий внесок: планування та проведення експериментальних досліджень, оброблення експериментальних даних, написання тез доповіді.

27. Шейко Т. В. Вплив температури активації шунгіта на ефект очищення соку столового буряка/ Шейко Т. В. , Мельник Л. М.// Всеукраїнська наукова конференція молодих учених і студентів „Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарства і торгівлі”, 23 березня 2011р.: тези допов., - Харків, 2011, - С.341.

Особистий внесок: планування і проведення експериментів, обробка отриманих результатів, оформлення тез.

28. Шейко Т. В. Очищення соку столового буряка від нітрат-іонів шунгітом// Шейко Т. В., Мельник Л. М.// 8 Українсько-Польська конференція молодих науковців „Механіка та інформатика”, 12-14 травня 2011р.: тези допов., - Хмельницький, 2011, - С. 132-133.

Особистий внесок: участь у проведенні експериментальних досліджень, оброблення експериментальних даних та написання тез доповіді.

29. Шейко Т. В. Очищення соку столового буряка від пектинових речовин монтморилонітом/ Шейко Т. В., Мельник Л. М.// Міжнародна науково-технічна конференція „Сучасні технології та обладнання харчових виробництв”, 29-30 вересня 2011р.: тези допов., - Тернопіль, 2011, - С. 164-165.

Особистий внесок: участь у плануванні і проведенні досліджень, оброблення експериментальних даних та написання тез доповіді.

Підп. до друку _____2012 р. Зам. № __. Наклад 130 пр.

РВЦ НУХТ, 01601 Київ – 33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuft.edu.ua

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.