

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТКО СВІТЛАНА ВАСИЛІВНА

УДК 6.081.3:663.316

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЙНОГО
ОЧИЩЕННЯ ЯБЛУЧНОГО СОКУ ТА ЙОГО КУПАЖУ**

05.18.12 – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних
та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2009

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Мельник Людмила Миколаївна
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри процесів і апаратів харчових
виробництв та технології консервування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мальований Мирослав Степанович
Національний університет “Львівська політехніка”,
професор, завідувач кафедри екології та охорони
навколишнього середовища

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Ковальчук Володимир Петрович
Український НДІ спирту і біотехнології продуктів,
старший науковий співробітник, завідувач лабораторії
технології лікєро-горілочного виробництва

Захист відбудеться “ 8 ” квітня 2009 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій, за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68, ауд. А- 311.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “ 3 ” березня 2009 року.

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

Кривопляс-Володіна Л.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний стан розвитку промисловості вимагає розроблення нових і удосконалення існуючих процесів та обладнання з метою підвищення якості продукції, раціонального використання сировини при економному споживанні паливно-енергетичних ресурсів.

Виробництво натуральних і концентрованих соків, соковмісних напоїв, у тому числі слабоалкогольних, безперервно збільшується. Це пояснюється їх високою дієтичною і харчовою цінністю. Найбільше поширення в Україні отримали яблучні соки. Фізико-хімічні властивості соків із яблук різних сортів досить близькі, що дозволяє для їх очищення використовувати однакові технологічні процеси.

Соки та напої є біохімічно нестійкими системами і при зберіганні можуть втрачати якість і товарний вигляд, зокрема купажі на основі зброженого яблучного соку (далі купаж) після взаємодії зі спиртом утворюють помутніння і колоїдно-білкові осади, викликані присутністю або утворенням високомолекулярних сполук (ВМС). Фільтрування не забезпечує стійкості продукту, оскільки в ньому залишаються компоненти, які при зберіганні викликають вторинні колоїдно-хімічні процеси. Перед концентруванням соки необхідно піддавати ефективному очищенню.

Одним із перспективних напрямків удосконалення процесу очищення соків і купажів є використання природних дисперсних мінералів українських родовищ, які мають достатню адсорбційну спроможність, піддаються модифікації, регенерації, утилізації, дешевші за синтетичні, не потребують тривалої підготовки.

Актуальними для розвитку харчової промисловості є встановлення поглинальної спроможності природних адсорбентів українських родовищ щодо різних компонентів та закономірностей і механізмів процесів поглинання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-дослідної роботи кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування НУХТ за напрямом „Розробка наукових основ тепломасообмінних процесів харчових виробництв з метою створення нового високоефективного обладнання, засобів механізації та комплексної автоматизації для харчових і переробних галузей АПК” та госпдоговірної теми: „Очищення водно-спиртових розчинів, настоїв, соків природними сорбентами” (державний реєстраційний номер 0106U006854, 2005-2006 рр.).

Автором особисто проаналізовано літературні джерела, визначено перспективні напрямки досліджень, заплановано та проведено лабораторні дослідження та промислові випробування, узагальнено їх результати, а також оформлено наукові публікації, звіти по темі роботи, розроблено відповідну нормативно-технічну документацію.

Мета і задачі досліджень. Мета роботи – на основі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтувати механізм адсорбції ВМС і важких металів і визначити перспективні напрямки підвищення ефективності

масообмінних процесів в системі „тверде тіло – рідина” при очищенні яблучного соку.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі задачі:

- проаналізувати відомі методи очищення яблучного соку та намітити перспективні напрямки удосконалення цього процесу;
- підібрати ефективні природні мінерали українських родовищ для адсорбційного очищення яблучного соку від ВМС та важких металів;
- дослідити процес змочування палигорськіта яблучним соком;
- встановити адсорбційну спроможність палигорськіта щодо важких металів та ВМС при очищенні яблучного соку;
- експериментально визначити коефіцієнт дифузії пектинових речовин в порах адсорбента;
- отримати кінетичні залежності зміни концентрації пектинових речовин у рідині і порах адсорбента;
- встановити оптимальні параметри (фракційність, концентрація, температура, тривалість) адсорбційного очищення соку;
- дослідити закономірності осідання завислих частинок після оброблення купажу палигорськітом з метою розрахунку розмірів відстійного апарата;
- визначити фізико-хімічні та мікробіологічні показники очищеного палигорськітом яблучного соку;
- встановити вплив адсорбційного очищення палигорськітом на стабільність купажу;
- розробити математичні моделі і оптимізувати процеси адсорбційного очищення яблучного соку і його купажу;
- оцінити ефективність розроблених методів адсорбційного очищення яблучного соку і його купажу у виробничих умовах.

Об'єкти дослідження – адсорбційне очищення яблучного соку і його купажу.

Предмет дослідження – натуральний яблучний сік, купаж, природні дисперсні глинисті мінерали українських родовищ.

Методи дослідження – експериментальні дослідження проводили із застосуванням фізико-хімічних, мікробіологічних і атомно-абсорбційних методів аналізу; математичне моделювання – з використанням сучасних прикладних програм.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті комплексного аналітичного та експериментального дослідження підібрано ефективний природний адсорбент – палигорськіт – для очищення яблучного соку і його купажу; обґрунтовано механізм адсорбції ВМС та важких металів.

Вперше:

- досліджено процес змочування палигорськіта яблучним соком;
- визначено коефіцієнт дифузії пектинових речовин в порах адсорбента;
- отримано кінетичні залежності зміни концентрації пектинових речовин у рідині і порах адсорбента;
- досліджено вибірковість адсорбції різних компонентів палигорськітом і встановлено його адсорбційну спроможність щодо важких металів;

- визначено фізико-хімічні і мікробіологічні показники очищеного палигорськітом яблучного соку;
- вивчено закономірності осідання завислих частинок після оброблення купажу палигорськітом;
- доведено підвищення стабільності купажу при зберіганні після його оброблення палигорськітом;
- розроблено математичні моделі і встановлено оптимальні параметри процесів очищення яблучного соку і його купажу палигорськітом та доведено їх адекватність.

Практичне значення одержаних результатів. Результати експериментальних досліджень дозволили удосконалити процес адсорбційного очищення яблучного соку і купажу палигорськітом.

Встановлено оптимальні технологічні параметри (фракційність, концентрація, температура, тривалість) адсорбційного очищення яблучного соку та купажу палигорськітом.

Доведено спроможність палигорськіта поглинати мікроорганізми із яблучного соку, подовжуючи при цьому тривалість його зберігання в непастеризованому стані.

Визначено швидкості осідання частинок адсорбента і адсорбованих ним домішок, що було використано для розрахунку відстійного апарата.

Розроблені математичні моделі і програми на їх основі дали змогу оптимізувати виробничі процеси очищення яблучного соку і його купажу.

Визначені і впроваджені у виробництво на Сумському лікеро-горілчаному заводі оптимальні параметри очищення купажу палигорськітом сприяли підвищенню його стабільності (деклараційний патент України на корисну модель № 18940). Економічний ефект від впровадження удосконаленого методу при продуктивності по купажу 20000 дал/місяць складає 6 тис. грн/рік.

Встановлені оптимальні параметри очищення яблучного соку палигорськітом (деклараційні патенти України на винахід № 70641 А, № 70717 А, № 16201) впроваджені на Овруцькому заводі продтоварів. Економічний ефект при продуктивності по соку 5000 дал/місяць становить 4,7 тис. грн/рік.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні теоретичного обґрунтування і експериментальних досліджень процесів адсорбційного очищення яблучного соку та його купажу природними мінералами; узагальненні їх результатів, розробленні та виготовленні експериментальної лабораторної установки для вивчення адсорбційного очищення яблучного соку та його купажу, підборі методик і реактивів досліджень; розробленні математичних моделей процесів адсорбційного очищення соку і його купажу, проведенні промислових досліджень при оптимальних умовах, підготовці відповідної нормативно-технічної документації, а також апробації основних результатів роботи на українських і міжнародних науково-технічних конференціях.

Внесок автора у підготовку публікацій є основним.

Обговорення, аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень і їх публікації проведені з науковим керівником д.т.н., проф. Мельник Л.М, математична обробка експериментальних даних – з к.т.н., доц. Мірошником В.О.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на: 71–74-тій наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (Київ, 2005–2008 рр.); Міжнародній науково-технічній конференції "Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України" (Київ, 2003 р.); Міжнародній науковій конференції „Техника и технология пищевых производств” (Могилев, 2004 г.); X, XII Всероссийском симпозиуме с участием иностранных ученых „Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности” (Москва – Клязьма, 2005, 2008 гг.); IX Міжнародній науково-технічній конференції "Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи" (Київ, 2005 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Стан і перспективи розвитку сучасних технологій і обладнання переробних і харчових виробництв" (Вінниця, 2006 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Нові ресурсо- та енергозберігаючі технології харчових виробництв" (Полтава, 2007 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 20 друкованих праць, з них 7 статей у фахових наукових журналах та збірниках наукових праць, перелік яких затверджено ВАК України, тези 9 доповідей на наукових конференціях, за темою дисертації отримано 4 деклараційні патенти України.

Структура роботи. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 159 найменувань. Зміст роботи викладено на 114 сторінках друкованого тексту. Дисертація ілюстрована 26 рисунками та 17 таблицями, містить 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначені мета і задачі досліджень, наведені наукова новизна і практичне значення отриманих результатів.

В **першому розділі** *“Аналіз сучасного стану досліджень очищення яблучного соку”* проведено огляд вітчизняних і зарубіжних літературних джерел з питань адсорбційного очищення та прояснення сокових напівфабрикатів для отримання якісних стабільних продуктів. Розглянуто можливість використання природних глинистих мінералів як ефективних адсорбентів, що мають вибіркову адсорбційну спроможність і родовища яких розташовані в Україні, основні закономірності адсорбції та розділення неоднорідних систем відстоюванням. Визначено основні напрямки удосконалення адсорбційного очищення яблучного соку палигорськітом.

У **другому розділі** *“Об’єкти, методи досліджень та експериментальна установка”* наведено характеристики натурального та зброженого яблучного

соку, природних дисперсних мінералів Ташківського родовища (глауконіт, сапоніт) та Дашуківського родовища (палигорськіт, гідрослюда).

Гранулометричний склад природних дисперсних мінералів визначали ситовим аналізом. Термоактивацію проводили в електрошафі СНОЛ 2.3.2,11/ІЗ при температурі $185 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 1,5 год.

Підбір ефективних адсорбентів для очищення яблучного соку та його купажу здійснювали порівнянням прозорості перед та після адсорбції колориметричним методом на "ФЕК-3" (сік розводили водою 1 : 10, виміри проводили через зелений світлофільтр при $\lambda_{\text{макс}}=515 \text{ нм}$), вміст пектинових речовин визначали титриметричним методом.

Адсорбційну спроможність палигорськіта щодо важких металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі "С-115-М1" та методом твердофазної спектрофотометрії, що розроблений кафедрою аналітичної хімії НУХТ. Криві адсорбції пектинових речовин із яблучного соку палигорськітом будували на основі експериментальних даних.

Органолептичні показники яблучного соку і його купажу, очищених палигорськітом, визначали дегустаційним методом.

Експериментальне адсорбційне очищення яблучного соку та його купажу природними адсорбентами здійснювали на модельній установці, спроектованій і виготовленій автором (рис. 1).

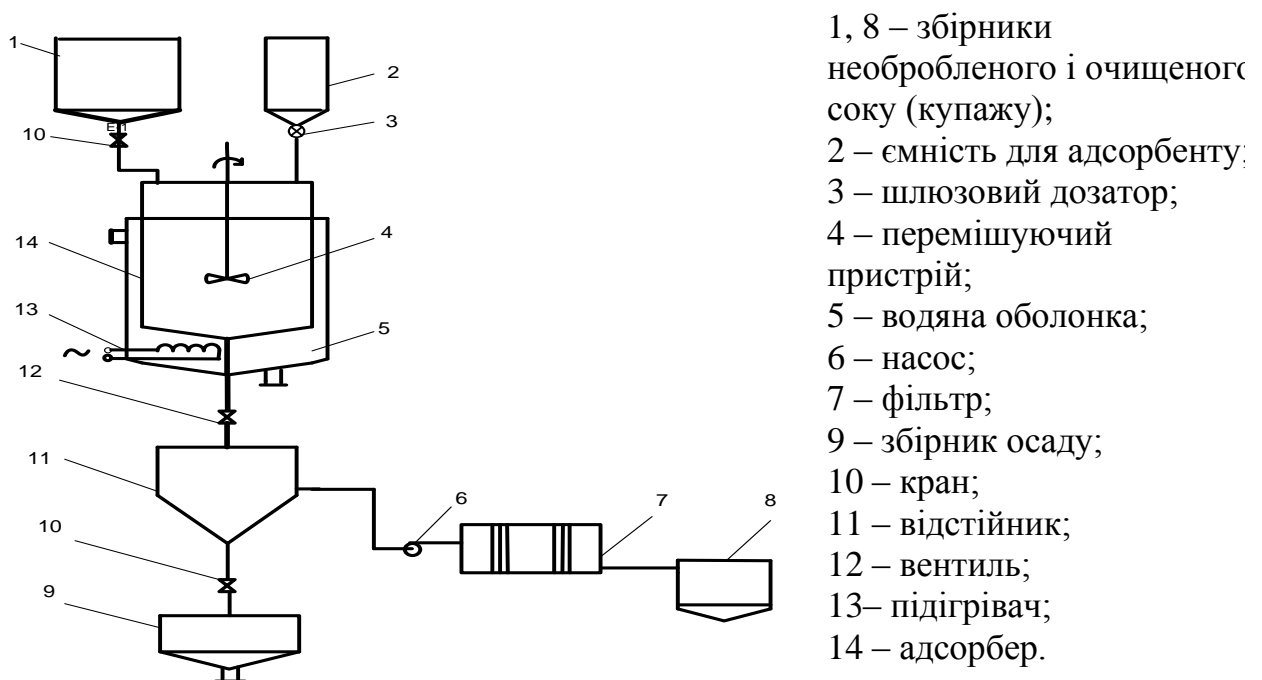


Рис. 1. Схема лабораторної установки для адсорбційного очищення яблучного соку та його купажу

Свіжий натуральний яблучний сік чи його купаж із ємності 1 подавали в адсорбер 14, підігрівали до температури $40 \dots 80^\circ\text{C}$. Із ємності 2 в адсорбер надходив адсорбент у кількості, необхідній для досягнення вмісту адсорбента $2,0 \dots 5,0 \%$ мас. Одержану суміш перемішували протягом $10 \dots 40$ хв. Після чого самотечією подавали на декантацію до відстійника 11. Декантат фільтрували,

очищений продукт збирали у таровану ємність 8.

Планування експерименту, постановку та розв'язання задач оптимізації вирішували за допомогою методів математичної обробки даних. Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень виконували з використанням пакету прикладних програм MathCAD Professional.

У третьому розділі “Дослідження адсорбційного очищення яблучного соку” проведено підбір українських дисперсних мінералів, придатних для очищення яблучного соку та його купажу, залежно від внутрішньої будови, сорбційних властивостей, налагодженого добування і перспективності родовища та собівартості. Серед досліджених мінералів ефективним адсорбентом виявився палигорськіт. Глауконіт і сапоніт не можуть бути використані, оскільки при контактуванні з соком вони утворюють стійкі колоїдні системи, які практично не піддаються розділенню. Гідрослюда надає яблучному соку стороннього забарвлення, що не допускається згідно діючих стандартів.

Проаналізовано і обґрунтовано процес змочування палигорськіта яблучним соком, визначено його швидкість і тривалість. Значення сили тяжіння у капілярах не враховували, бо її величина значно менша від тисків, створюваних силами поверхневого натягу. Заповнення мікропор внаслідок їх малої довжини і великої рушійної сили відбувається дуже швидко, тому тривалість змочування частинок палигорськіта визначено як суму часу проходження рідини через мезо- і макропори. При цьому швидкість руху рідини в порах частинок адсорбента знайдено за рівнянням Пуазейля (з урахуванням гідрофільності поверхні $\sigma \cdot \cos\theta$):

$$w = \frac{\Delta P_{\text{л}} \cdot d^2}{32 \cdot \mu \cdot l} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta \cdot R^2}{8 \cdot R \cdot \mu \cdot l} = \frac{\sigma \cdot \cos\theta \cdot R}{4 \cdot \mu \cdot l}, \quad (1)$$

де $\Delta P_{\text{л}} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta}{r}$ – лапласівський тиск, Па; σ – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м; R – радіус капіляра, м; μ – динамічна в'язкість, Па·с; l – довжина капіляра, м.

Тривалість заповнення капіляра:

$$\tau = \frac{l}{w} = \frac{4 \cdot \mu \cdot l^2}{\cos\theta \cdot \sigma \cdot (R_1 - R_2)}, \quad (2)$$

де R_1 і R_2 – радіуси кінців капіляра.

Максимальна розрахункова тривалість змочування частинки палигорськіта діаметром 2,45 мм становить кілька секунд, що відповідає експериментальним значенням і є нехтовно малою порівняно з тривалістю встановлення фазової рівноваги, яка при адсорбційному очищенні досягається за 20 хв.

Досліджено процес масообміну в системі "яблучний сік – палигорськіт", який ускладнюється багатокомпонентністю, наявністю пор різних розмірів і специфічністю перенесення. Тому для практичних розрахунків зроблено ряд припущень: в процесі адсорбції приймає участь один компонент; рідка фаза

нестислива; густина рідини постійна; рух потоку адсорбата здійснюється в одному напрямі.

Побудовано криві адсорбції (рис. 2 а, б), які свідчать, що палигорський має мікро- і мезопори.

Після оброблення експериментальних даних отримали рівняння регресії (3) залежності величини адсорбції (a , г/г) пектинових речовин палигорськітом від концентрації адсорбента (c , % мас), тривалості (τ , хв) та температури (t , °С) процесу:

$$a = 0,138 - 2,49 \cdot 10^{-3} \cdot \tau - 3,30 \cdot 10^{-5} \cdot c - 5,15 \cdot 10^{-3} \cdot t + 3,81 \cdot 10^{-4} \cdot \tau \cdot t + 3,44 \cdot 10^{-4} \cdot c \cdot t - 4,10 \cdot 10^{-4} \cdot \tau^2 - 1,91 \cdot 10^{-4} \cdot c^2 \quad (3)$$

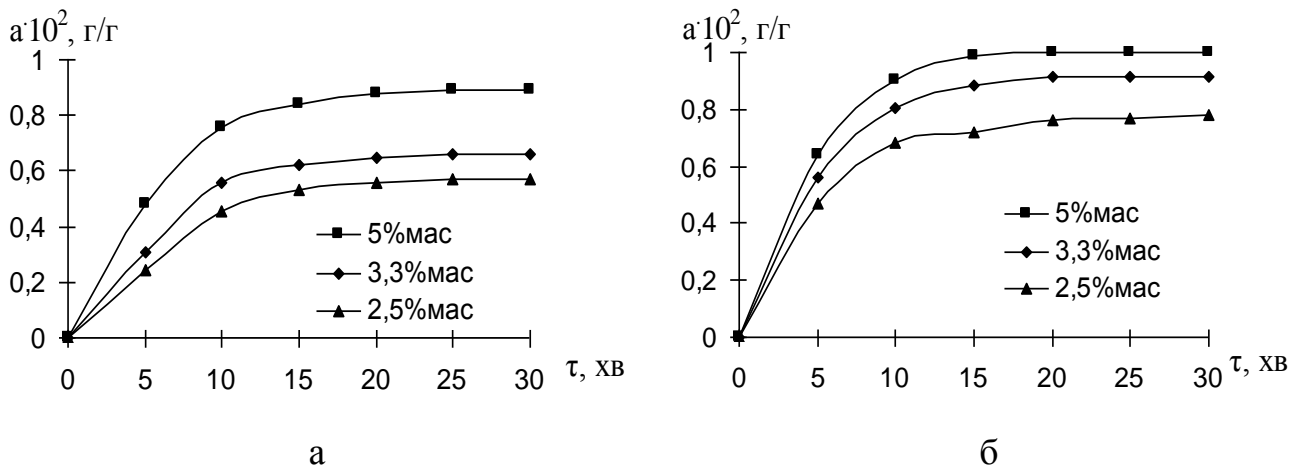


Рис. 2. Криві адсорбції пектинових речовин палигорськітом при різних температурах: а – 70 °С; б – 80 °С

Розчинені пектинові речовини, поглинуті палигорськітом, розподіляються наступним чином: частина їх заповнює об'єм пор, утворюючи розчин з концентрацією c_2 , решта – c_a – концентрується на поверхні. Виникнення градієнтів концентрацій поглинутих речовин сприяє міграції молекул як у розчині, так і на поверхні дисперсного мінерала, внаслідок чого утворюються два поля концентрацій, взаємозв'язані один з одним.

При адсорбції концентраційне поле c_2 змінюється не тільки внаслідок дифузії, а і внаслідок надходження компонента до сорбуючої поверхні. Зміна концентрації c_2 проходить дуже швидко. Диференціальні рівняння перенесення адсорбата мають вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{\partial c_2}{\partial t} = -\text{div} j_c + W_{ca} \\ m \frac{\partial c_a}{\partial t} = -\text{div} j_a + W_{ac} \end{cases} \quad (4)$$

де j_c , j_a – питомі потоки речовин у рідкій фазі та в адсорбенті; W_{ca} , W_{ac} – питомі потужності надходжень і відтоків речовини, пов'язані з міжфазовими перенесеннями.

Очевидно, що $W_{ca} = -W_{ac}$; тоді, склавши обидва рівняння системи (4), отримуємо:

$$m \frac{\partial(c_2 + c_a)}{\partial t} = -\text{div}(j_c + j_a). \quad (5)$$

Розглянуто кінетику зміни концентрації пектинових речовин у соку та у порах адсорбента. Рівняння балансу для довільного моменту часу є:

$$W \cdot (c_0 - c_1) = V \cdot (c_2 - c_n), \quad (6)$$

де W – кількість соку, л; V – загальний об'єм соку, що міститься в порах гранул палигорськіту, л; c_0 – початкова середня концентрація пектинових речовин в соку; c_1 – середня концентрація пектинових речовин в соку на певний момент; c_n – початкова концентрація пектинових речовин в порах палигорськіту; c_2 – концентрація пектинових речовин в порах палигорськіту на певний момент.

Для молекулярної і конвективної дифузії маса переданої речовини (G) за одиницю часу визначаємо:

$$\frac{dG}{d\tau} = kmF(c_1 - c_2), \quad (7)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, m – пористість адсорбента; F – площа гранули, m^2 ; $c_1 - c_2$ – рушійна сила.

Кількість речовини, що транспортується за одиницю часу з поверхні пористого тіла у сприймаючу фазу, визначаємо:

$$\frac{dG}{d\tau} = DF \frac{\partial c_2}{\partial n}. \quad (8)$$

Прирівнюючи праві частини рівнянь (7, 8), отримуємо:

$$D \frac{\partial c_2}{\partial n} = km(c_1 - c_2). \quad (9)$$

Якщо r – еквівалентний розмір пористої частинки, тоді рівняння (9) набуває вигляду:

$$\frac{\partial c_2}{\partial \varphi} = Bi(c_1 - c_2), \quad (10)$$

де $\varphi = \frac{n}{r}$; $Bi = m \frac{kr}{D}$ (критерій Біо), n – напрям нормалі; D – коефіцієнт дифузії, m^2/c ;

Коефіцієнт дифузії пектинових речовин розраховували з рівняння:

$$D = K \cdot r^2 / \pi^2 \cdot \tau_{0,5}, \quad (11)$$

де $r = 1,225 \cdot 10^{-3}$ м для палигорськіта фракції 3,0...2,0 мм; K – коефіцієнт, що залежить від форми гранул ($K=0,318$); $\tau_{0,5}$ – час напівоброблення адсорбційної системи.

Рівноважну кількість адсорбованої речовини та її кількість на певний момент часу визначено з графічних залежностей $a = f(\tau)$ (рис 2 а, б); значення

питомої поверхні адсорбентів, у тому числі і палигорськіта, взято з літературних джерел.

Розрахований сумарний коефіцієнт дифузії пектинових речовин у порах палигорськіту $D = 7,45 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{хв} = 0,124 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ (обчислення проводили для температури оброблення соку 70°C , концентрації 3,3 % мас., тривалості контакту 20 хв).

Рівняння (6, 7, 10) утворюють замкнену систему, вирішення якої у граничних умовах дає змогу визначити концентрації адсорбтиву в рідині і в порах адсорбента:

$$\begin{cases} \frac{dc_1}{dt} = c_0 - V \frac{dc_2}{dt} = c_0 \cdot (1 - V \cdot Bi) \\ \frac{dc_2}{dt} = \frac{k \cdot m \cdot F \cdot c_0}{V}, \tau = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Експериментально доведено, що адсорбційне очищення соку палигорськітом практично не знижує вміст вітаміну С, залишає без змін фізико-хімічні показники соку.

Встановлено поглинальну спроможність палигорськіта щодо іонів важких металів (кадмію, міді, ртуті, свинцю, цинку) із яблучного соку. Сорбційні процеси пояснено, по-перше, ізоморфізмом, здатністю елементів замінити один одного в структурі адсорбента, по-друге, розривом хімічних зв'язків в тетраедричних і октаедричних сітках кристалів, що призводить до появи на їх бокових гранях гідроксильних груп, водень яких вступає в реакцію обміну.

При температурі 60°C і тривалості 30...40 хв найкраще адсорбується свинець при концентрації 3,3...5,0 % мас. (рис. 3 а). Це призводить до зменшення його вмісту з 0,52 до 0,30 мг/дм³. Такий самий результат отримано при температурі 70°C і концентрації 5,0 % мас.

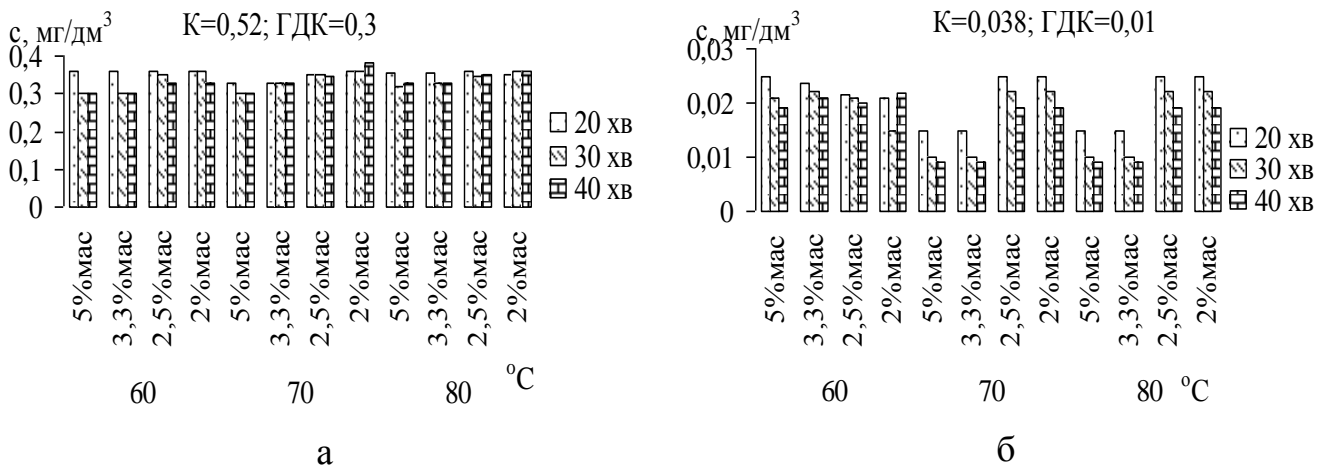


Рис. 3. Залежність вмісту свинцю (а) та ртуті (б) в очищеному палигорськітом яблучному соку від тривалості, температури контакту та концентрації адсорбенту

Адсорбційна спроможність палигорськіту щодо ртуті (рис. 3 б) практично однакова при температурах 70 та 80°C і концентрації адсорбента 5,0 та 3,3 %

мас. (вміст ртуті в дослідних зразках зменшується порівняно з контролем із 0,038 до 0,008 мг/дм³).

Підтверджено ідентичність визначення важких металів у фруктових соках методами твердофазної спектрофотометрії і атомно-абсорбційної спектроскопії. Відмінність між результатами складає 4 %.

Вивчено вплив палигорськіта на мікрофлору яблучного соку при зберіганні. Виявлено, що вміст бактерій і грибів в обробленому мінералом соку зменшується в 2...4 рази у порівнянні з контрольним зразком, при цьому тривалість зберігання соку у непастеризованому вигляді подовжується до 10 діб (контроль – 3 доби).

Доведено доцільність оброблення яблучного соку комбінованим методом (спочатку палигорськітом, а потім ферментним препаратом (фруктазим Р) у співвідношенні 80: 1.

Дегустаційна оцінка очищених палигорськітом зразків яблучного соку, що проведена Центральною лабораторією продуктів переробки плодоовочів, картоплі і винограду, становить 4,9 балів (за 5-ти бальною шкалою).

На основі експериментальних даних одержано рівняння регресії для розрахунку прозорості (13), пектинових речовин (14) у яблучному соку, обробленому палигорськітом, в залежності від температури, тривалості процесу адсорбційного очищення і вмісту мінерала та підтверджено їх адекватність.

Прозорість соку (%):

$$P = -153,93 + 6,35 \cdot \tau + 3,96 \cdot c + 0,64 \cdot t - 2,20 \cdot 10^{-2} \cdot \tau \cdot t + 1,38 \cdot 10^{-3} \cdot \tau \cdot c \cdot t - 9,66 \cdot 10^{-2} \cdot \tau \cdot c - 2,76 \cdot 10^{-2} \cdot c \cdot t - 3,28 \cdot 10^{-2} \cdot \tau^2 - 3,71 \cdot 10^{-2} \cdot c^2 \quad (13)$$

Вміст пектинових речовин (мг/дм³):

$$C_{п.р} = 4,45 - 4,17 \cdot 10^{-2} \cdot \tau - 2,99 \cdot 10^{-2} \cdot c - 8,66 \cdot 10^{-2} \cdot t + 2,25 \cdot 10^{-4} \cdot c \cdot t + 9,70 \cdot 10^{-4} \cdot \tau^2 + 4,32 \cdot 10^{-4} \cdot c^2 + 5,35 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 \quad (14)$$

Четвертий розділ “Дослідження адсорбційного очищення купажу”

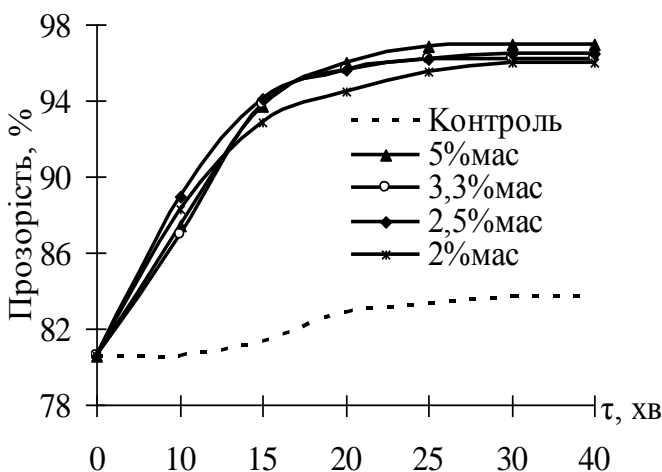


Рис. 4. Зміна прозорості купажу, обробленого палигорськітом при 70 °C

$$P = -12,6 - 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot \tau + 0,5 \cdot c + 2,46 \cdot t - 3,06 \cdot 10^{-3} \cdot \tau \cdot c + 7,75 \cdot 10^{-3} \cdot \tau \cdot t + 4,75 \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot t$$

присвячений адсорбційному очищенню купажу і відділенню його від адсорбента. Для досліджень в купаж вносили попередньо термоактивованний палигорськіт фракції 3,0...2,0 мм у кількості 2,0...5,0 % мас., перемішували 10...40 хв. при температурі 60...80 °C, фільтрували. У якості контролю використовували необроблений палигорськітом купаж.

При температурі адсорбційного очищення купажу палигорськітом 70°C була досягнута прозорість (рис. 4) 97% (контроль 83%) при концентрації адсорбента 2,5% мас. за 25...30 хв. Оброблення купажу палигорськітом при температурі 80 °C

$$-5,91 \cdot 10^{-3} \cdot \tau^2 - 1,56 \cdot 10^{-2} \cdot \tau \quad (15)$$

за 25...30 хв при всіх досліджуваних концентраціях адсорбента дає прозорість 98% (контроль – 83%). Різниця між значеннями прозорості є незначною, а температура оброблення і концентрація адсорбента відрізняються суттєво, тому оптимальними параметрами прийнято температуру 70 °С, концентрацію 2,0 та 2,5 % мас., тривалість 25...30 хв. Прозорість купажу можна обчислити за рівнянням (15).

При 14-добовому зберіганні купажу при $t = 18...20$ °С утворення мути (осаду) не спостерігалось в наступних зразках: оброблення при температурі 60 °С, концентрації адсорбента 5,0 % мас. за 20, 30, 40 хв та концентрації 3,3 і 2,5 % мас. тривалість 40 хв; температурі 70 °С, концентрації 5,0 % мас. за 20, 30, 40 хв та концентрації 3,3; 2,5 % мас. тривалістю 30, 40 хв; температурі 80 °С, концентрації 3,3 % мас. тривалості 30 хв і концентрації 5,0; 3,3; 2,5 % мас. тривалості 40 хв. З метою економії енергоресурсів і витрат адсорбента рекомендовано до промислового впровадження наступні параметри оброблення купажу при подальшому його зберіганні при $t = 18...20$ °С: температура 60 °С, концентрація палигорськіта 2,5 % мас., тривалість 40 хв.

Об'єм згустку мути ($\text{мг}/\text{дм}^3$) можна розрахувати за рівнянням:

$$V_{\text{ос.}} = 2,29 - 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \tau - 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot c - 5,15 \cdot 10^{-2} \cdot t + 1,70 \cdot 10^{-4} \cdot c \cdot t + 8,0 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^2 + 4,46 \cdot 10^{-5} \cdot c^2 + 3,09 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 \quad (16)$$

При зниженні температури зберігання купажу до 1...6 °С муць (осад) не утворюється в наступних варіантах оброблення купажу палигорськітом: температура 60 °С, концентрація адсорбента 5,0 % мас., тривалість 20, 30, 40 хв, концентрації 2,5; 3,3 % мас., тривалість 30, 40 хв; температура 70 °С, концентрація адсорбента 5% мас., тривалість 20, 30, 40 хв і при концентрації 2,5; 3,3% мас., тривалість 30, 40 хв; температура 80°С, концентрації 5,0; 3,3; 2,5% мас., тривалість 40 хв. Оптимальними параметрами вважаються: температура 60 °С, концентрація 2,5% мас. тривалість оброблення 30...40 хв.

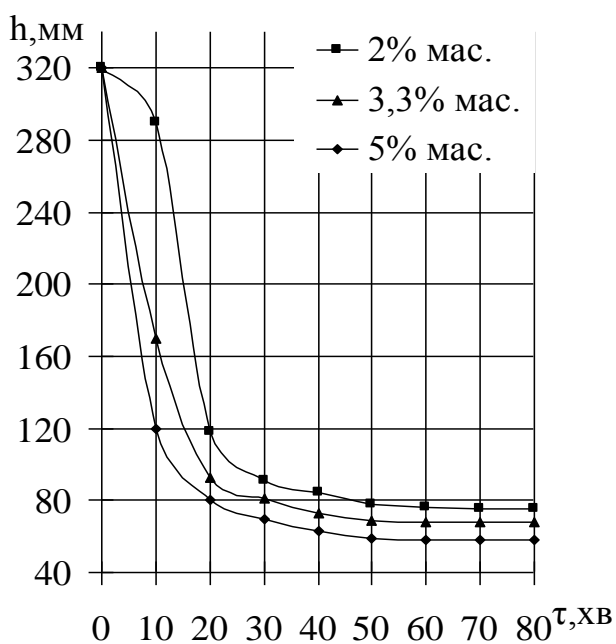


Рис. 5. Залежність висоти згущеного шару суспензії від часу осідання

Визначено швидкість осідання завислих частинок купажу, утворених після контактування купажу з палигорськітом. При обробленні купажу (рис. 5) палигорськітом концентрацією 5,0 % мас. швидкість осідання частинок була більшою, ніж при взаємодії купажу із палигорськітом концентрацією 3,3; 2,0% мас. Через 30 хв після взаємодії адсорбента і купажу висота згущеної частини суміші складає 90 мм, за цей же час при концентрації 3,3 % мас. – 80 мм; при концентрації 5,0 % мас. – 70 мм.

Отримано криві осідання і швидкості осідання (рис. 6, 7) із розподілом на періоди. Спочатку частинки рухаються з прискоренням, потім (рис. 6) з точки K_1 – рівномірно зі швидкістю w_0 (другий період). Одночасно відбувається агрегація дрібних частинок у більш крупні. Тривалість другого періоду залежить від початкової концентрації суспензії і концентрації, при якій починається стиснене осадження.

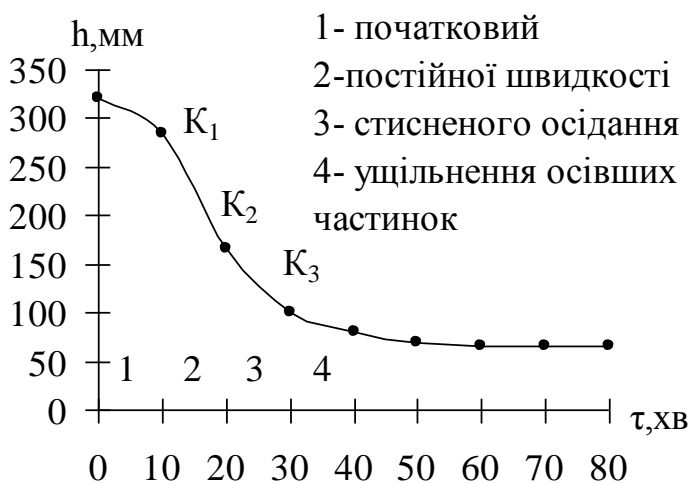


Рис. 6. Крива осідання завислих частинок у суспензії "палігорськит (3,3 % мас.) – купаж"

Тривалість другого періоду залежить від початкової концентрації суспензії і концентрації, при якій починається стиснене осадження.

Точка K_2 (рис. 6) характеризує початок третього періоду, кут нахилу кривої зменшується. У третьому періоді швидкість осідання зменшується внаслідок збільшення кількості частинок в одиниці об'єму суспензії і підвищення ступеня їх стиснення. При цьому збільшується опір, обумовлений тертям і взаємним зіткненням частинок, тому швидкість стисненого осідання частинок зменшується.

У третьому і четвертому періодах збільшується відносна кількість рідкої фази, що рухається в напрямку, протилежному руху твердих частинок за рахунок її витіснення утвореним осадом, що спричинює зменшення швидкості осідання. У четвертому періоді відбувається повільне уцілювання осівших частинок. Горизонтальному виду кривої осідання (рис. 6) відповідає умова, при

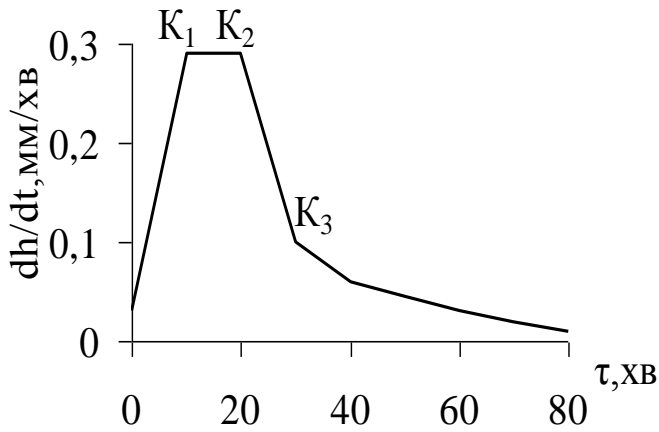


Рис. 7. Крива швидкості осідання

стисненого осідання.

Визначали швидкість осідання в другому періоді, яка дорівнює $w_2 = 0,29 \text{ мм/хв} = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$.

Швидкість стисненого осідання: $w_{\text{со}} \approx 0,5 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$.

Час осідання суспензії в першому і другому періодах розраховали за рівнянням:

$$\tau = \frac{h}{w_0} + \tau_1, \quad (18)$$

де h – висота освітленого шару, м; w_0 – швидкість осідання, м/с; τ_1 – час осідання в першому періоді, с.

За допомогою отриманих значень швидкості і тривалості осідання палигорськіта з адсорбованими домішками розраховано поверхню відстійного апарата.

Дослідним шляхом встановлено, що оптимальною температурою осідання є 60°C .

Математичні моделі (15, 16) використані для оптимізації процесу адсорбційного очищення купажу від ВМС, яку здійснили за допомогою узагальненого критерія оптимізації, що дозволяє єдиним кількісним показником узагальнити обрані локальні критерії оптимальності:

$$F = \prod_{i=1}^n f_i(x)^{\lambda_i} \rightarrow \max \quad (19)$$

де $f_i(x)^{\lambda_i}$ – локальні критерії оптимальності в безрозмірній формі; λ_i – вагові коефіцієнти, $i=1 \dots 5$.

Для оцінки ефективності процесу адсорбційного очищення купажу обрано наступні локальні критерії (в натуральній формі): об'єм згустку мути, мл/дм^3 ; прозорість купажу, %; тривалість процесу, хв; температура, $^\circ\text{C}$.

Вагові коефіцієнти з урахування важливості локальних критеріїв оптимізації вибрані відповідно такі: 0,4; 0,4; 0,1; 0,1.

Перетворення локальних критеріїв оптимізації з натуральної в безрозмірну форму здійснено методом Харрінгтона через визначення проміжних параметрів f_{b_i} за допомогою функції бажаності. Використовуючи програму пошуку

якій об'єднані в конгломерати частинки вже досягли межі тісного контакту і подальше їх ущільнення під дією сили тяжіння призупиняється, що означає закінчення осадження (наставало через 60...80 хв).

Точка K_3 (рис. 7) розміщена в місці перегину лінії швидкості осідання:

$$w_0 = \frac{dh}{d\tau} \quad (17)$$

і характеризує початок періоду

максимального значення функції і її параметрів за значеннями індексів, було обчислено максимальне значення цільової функції та параметрів процесу адсорбційного очищення купажу. Графіки ліній рівня залежностей узагальненого критерію оптимізації від параметрів оптимізації (тривалість, температура) при сталому вмісті палигорськіта 2,5 % мас. наведено на рис. 8.

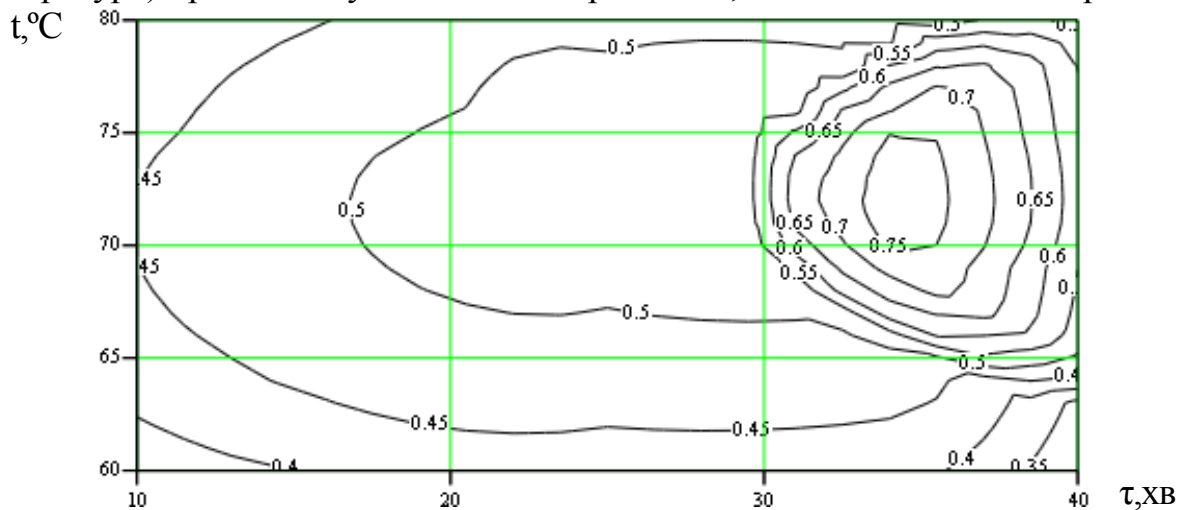


Рис. 8. Графіки ліній рівня

Оптимальними параметрами адсорбційного очищення визначено: температуру – 70 ± 1 °С і тривалість процесу – $32 \pm 0,5$ хв.

У п'ятому розділі “*Впровадження результатів досліджень у виробництво*” наведено результати впровадження адсорбційного очищення яблучного соку палигорськітом на Овруцькому заводі продтоварів. За розробленою технологічною схемою (рис. 9) сік після пресування накопичується у збірнику 1, самопливом надходить на сито-стікач 2, потім у проміжну ємність 3. Відцентровим насосом 9 сік подається на оброблення в адсорбер 4 з паровою оболонкою і перемішуючим пристроєм, де нагрівається до температури 70 ± 5 °С. У нагрітий сік вноситься палигорськіт промислової фракції 3,0...2,0 мм, суміш безперервно перемішується протягом 15...20 хв, охолоджується до 20 °С і подається в декантатор 5. Декантат насосом перекачується на фільтрпрес 6. Фільтрування здійснюється при надлишковому тиску 39,2 кПа через фільтрувальні азбесто-целюлозні пластини, фільтр-картон марок Т, КТФ. Очищений продукт збирають у таровані ємності для проясненого соку 7.

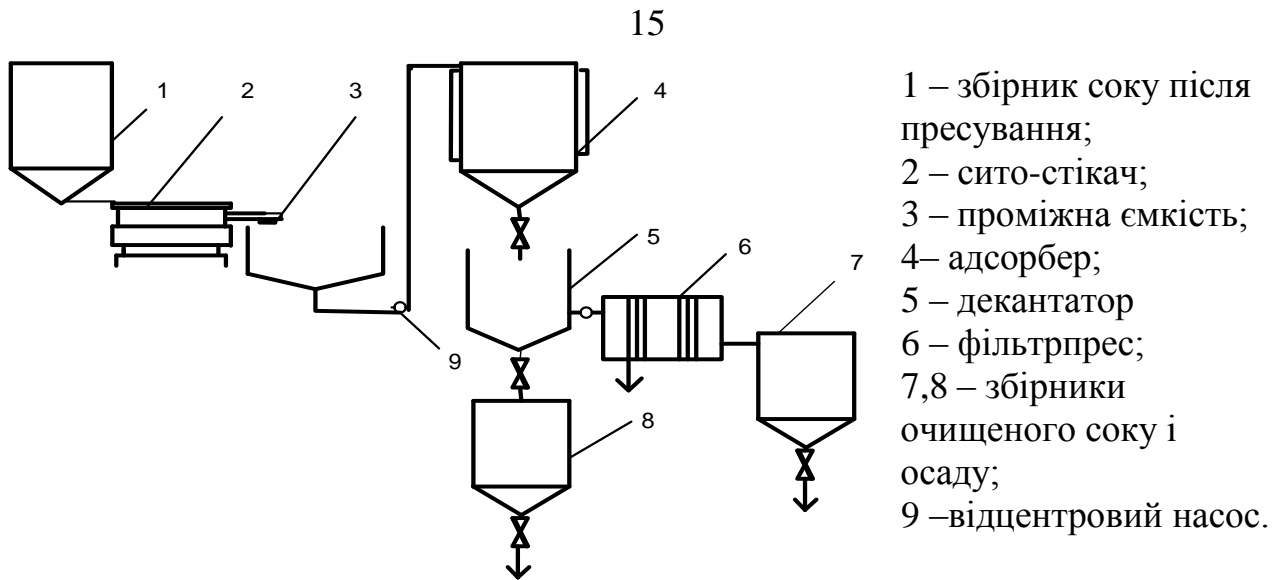


Рис. 9. Фрагмент апаратурно-технологічної схеми очищення яблучного соку (Овруцький завод продтоварів)

Відпрацьований адсорбент разом з осадом накопичується в нижній конусній частині декантатора 5 і самопливом надходить до збірника осаду 8, відстоюється 1...1,5 год. для ущільнення. При цьому вилучається до 50 % проясненого соку, який повертається у виробництво.

Економічна ефективність від удосконалення адсорбційного очищення яблучного соку палигорськітом складає 0,1 коп/дал.

Адсорбційне очищення купажу від ВМС впроваджено на Сумському лікєро-горілчаному заводі "Горобина", розроблено апаратурно-технологічну схему.

Ефективність запропонованого методу оброблення підтверджується підвищенням прозорості і стабільності купажу до утворення вторинних колоїдних помутнінь порівняно з необробленим купажем.

Розроблений метод забезпечує високі якісні показники (9,5 бали по 10-бальній шкалі), економію енергоресурсів, зменшення витрат коштовних реагентів (бентоніт – 41,1 кг, желатин – 0,3 кг на 1000 дал купажу), що знижує собівартість процесу очищення купажу на 0,3 коп/дал.

Отримані за математичними моделями (15, 16) значення прозорості і об'єму згустку муті у купажі, очищеному палигорськітом при оптимальних технологічних параметрах, відрізняються від результатів промислових випробувань на 6 і 9 %, відповідно.

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу літературних джерел, теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено процес адсорбційного очищення яблучного соку і його купажу, реалізація якого дає можливість забезпечити підвищення ефективності виробництва соків і напоїв, якості продукції та тривалості її зберігання. Розроблено математичні моделі, що описують процеси, які відбуваються у системі "адсорбент – сік, купаж". Запропоновано шляхи їх практичного використання.

1. Проведено теоретико-експериментальні дослідження адсорбційного очищення натурального яблучного соку та його купажу від високомолекулярних сполук, іонів важких металів та мікроорганізмів природними дисперсними мінералами українських родовищ.

2. Підбрано природні глинисті мінерали для адсорбційного очищення яблучного соку і його купажу. Серед досліджених адсорбентів (гідроліта, глауконіт, палигорськіт, сапоніт) ефективним виявився палигорськіт.

Вивчено процес змочування палигорськіта яблучним соком; розрахункова максимальна його тривалість для палигорськіта еквівалентним діаметром 2,45 мм становить 2...3 с (підтверджено експериментально), що у порівнянні з тривалістю встановлення адсорбційної рівноваги є нехтовно малою величиною. Наведено рівняння для визначення швидкості та тривалості цього процесу.

3. Вивчено кінетику адсорбції пектинових речовин з яблучного соку. Розраховано коефіцієнт дифузії пектинових речовин в порах адсорбента $D = 0,124 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. Запропоновано систему рівнянь для визначення концентрації адсорбтиву в рідині і в порах адсорбента. Отримані дані можуть бути використані при проектуванні адсорберів.

Досліджено вплив різних технологічних факторів (фракційність матеріалу, концентрація адсорбента, температура, тривалість оброблення) на очищення яблучного соку та його купажу. Експериментально встановлені оптимальні режими ведення процесу: для яблучного соку – фракція 3,0...2,0 мм, температура 70 °С, тривалість 15...20 хв, концентрація 3,3% мас.; для купажу – температура 60...70°С, тривалість 30...35 хв, концентрація 2,5% мас.

4. Встановлено спроможність палигорськіта адсорбувати високомолекулярні сполуки із яблучного соку (вміст пектинових речовин зменшується на 60...65 %, вміст колоїдних речовин – у 5 разів); важкі метали (вміст міді зменшується в 1,5 рази, свинцю та цинку – в 1,7, кадмію – в 2,7, ртуті – в 4,75); мікроорганізми (кількість бактерій і грибів зменшується в 2...4 рази); обґрунтовано механізми адсорбційних процесів, що відбуваються при цьому;

Підвищується стабільність обробленого палигорськітом купажу при його зберіганні як при низьких температурах 1...6 °С, так і при 18...20 °С (не утворюються вторинні колоїдні помутніння);

Фізико-хімічні та органолептичні показники яблучного соку і його купажу після адсорбційного очищення палигорськітом відповідають нормативним;

Дані розробки мають практичне значення і захищені патентами України.

5. Визначено швидкість та вивчено закономірності осідання завислих частинок при відстоюванні купажу, які використано для розрахунків відстійного апарата.

6. Розроблено математичні моделі для визначення прозорості, вмісту пектинових речовин в очищеному палигорськітом яблучному соку, прозорості і об'єму згустку муті в купажі залежно від вхідних параметрів. Здійснено оптимізацію та встановлено оптимальні параметри адсорбційного очищення купажу: температура – 70 ± 1 °С і тривалість процесу – $32 \pm 0,5$ хв при сталому

вмісті палигорськіта 2,5 % мас. Похибки дослідів знаходяться в допустимих межах – 6...9 %.

7. Економічний ефект від впровадження на Овруцькому заводі продтоварів адсорбційного очищення яблучного соку палигорськітом склав – 0,1 коп/дал соку.

Впровадження на Сумському лікєро-горілчаному заводі “Горобина” розробленої апаратурно-технологічної схеми і оптимальних параметрів ведення процесу адсорбційного очищення купажу дали змогу знизити собівартість продукції на 0,3 коп/дал купажу. Дослідно-промислові випробування показали високу ефективність запропонованого методу очищення купажу від ВМС. Прозорість купажу збільшена від 78,8 до 95,6...96,0 % та підвищена стабільність щодо утворення вторинних колоїдних помутнінь.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Освітлення яблучного соку палигорськітом / С. Матко, В. Манк, Л. Мельник [та ін.] // Харчова і переробна промисловість. – 2004. – № 12. – С. 24–25.
2. Дослідження адсорбції колоїдних речовин яблучного соку палигорськітом / С. В. Матко, В. В. Манк, Л. М. Мельник [та ін.] // Харчова промисловість. – 2005. – № 4. – С. 50–53.
3. Стабілізація зброженого яблучного соку з метою уникнення вторинних колоїдних помутнінь лікєро-горілчанних виробів / І. Ф. Малежик, С. В. Матко, В. В. Манк [та ін.] // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск 1. – 2006. – С. 34–37.
4. Использование палигорскита для обработки купажа на основе сброженного яблочного сока / С. В. Матко, В. В. Манк, Л. М. Мельник [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2007. – № 1. – С. 19–21.
5. Дослідження адсорбції пектинових речовин яблучного соку природними мінералами / С. В. Матко, В. В. Манк, Л. М. Мельник [та ін.] // Наукові праці НУХТ. – 2007. – № 20. – С. 61–63.
6. Адсорбція важких металів із яблучного соку природними мінералами / С. В. Матко, Л. М. Мельник, В. В. Манк [та ін.] // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. Вип. 58. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. – Харків. – 2007. – С. 208–214.
7. Матко С. Використання сорбентів різних типів для очищення фруктових соків і контролю їх якості / С. Матко, Є.Костенко, Л. Мельник // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – № 8–9. – С. 16–17.
8. Пат. 70641 А України, С 25 Н 1/06, А 23 L 2/70 Спосіб освітлення фруктового соку / Матко С. В., Мельник Л. М., Жестерева Н. А., Манк В. В.; заявник і патентовласник НУХТ. – № 20031211872; заявл. 18.12.03; опубл. 15.10.04, Бюл. № 10.

9. Пат. 70717 А України, С 12 Н 1/06, А 23 L 2/70 Спосіб адсорбційного очищення фруктового соку / Матко С. В., Мельник Л. М., Жестерева Н. А., Манк В. В.; заявник і патентовласник НУХТ.– №20031212352; заявл. 25.12.03; опубл. 15.10. 04, Бюл. № 10.

10. Пат. 16201 Україна, МПК, С 12 Н 1/06, А 23 L 2/70 Спосіб прояснення фруктового соку / Матко С. В., Мельник Л. М., Жестерева Н. А., Манк В. В., Мельник З. П.; заявник і патентовласник НУХТ. – № 200603033; заявл. 21.03.06; опубл. 17.07.06, Бюл. № 7.

11. Пат. 18940 України, МПК, С 12 G 3/08, С 12 Н 1/02 Спосіб стабілізації купажу на основі збродженого яблучного соку / Матко С.В., Манк В.В., Мельник Л.М., Жестерева Н.А., Олейніков В.М., Козловська А.П.; заявник і патентовласник НУХТ. – № 200606984; заявл. 22.06.06; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.

12. Матко С. В. Адсорбционная очистка яблочного сока природными адсорбентами / С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Жестерева, В. В. Манк // Техника и технология пищевых производств: 4-я междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 21-23 апреля 2004 г.: тезисы докл. – Могилев, 2004. – С. 182.

13. Матко С. В. Адсорбция ионов тяжелых металлов из яблочного сока палигорскитом / С. В. Матко, В. В. Манк, Л. М. Мельник, Н. А. Жестерева // Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности: материалы X Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, 18-25 апреля 2005 г. – Москва-Клязьма, 2005. – С. 112.

14. Матко С. В. Дослідження адсорбції пектинових речовин яблучного соку палигорськітом / С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Жестерева // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 71-ша наук. конф. молодих вчених аспірантів і студентів, 18-19 квітня 2005 р.: тези конф. – К., 2005. – Ч. 2– С. 126.

15. Мельник Л. М. Адсорбція високомолекулярних колоїдних речовин яблучного соку природними адсорбентами / Л. М. Мельник, С. В. Матко, Н. А. Жестерева, В. В. Манк // Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи: ІХ Міжнар. наук.-техн. конф., 17-19 жовт. 2005 р.: матеріали конф. – К., 2005. – Ч. 2. – С. 19.

16. Матко С. В. Використання збродженого яблучного соку у виробництві лікєро-горілочаних напоїв / С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Жестерева, В. В. Манк // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 72-а наук. конф. молодих вчених аспірантів і студентів, 17-18 кв. 2006 р.– К., 2006. – Ч. 2. – С. 114.

17. Матко С. В. Використання палигорськіту для оброблення купажу на основі збродженого яблучного соку в лікєро-горілочаному виробництві / С. В. Матко, В. В. Манк, Л. М. Мельник, Н. А. Жестерева // Нові ресурсо- та енергозберігаючі технології харчових виробництв, 1-2 березня 2007 р.: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. – Полтава, 2007. – С.171.

18. Спідчук Н. І. Дослідження та обґрунтування процесу адсорбції високомолекулярних речовин яблучного соку природними мінералами / Н. І.

Спідчук, С. А. Клязника, С. В. Матко, Н. А. Жестерева, Л. М. Мельник // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 73-я наук. конф. молодих вчених аспірантів і студентів, 23-24 кв. 2007р.– К., 2007. – Ч.ІІ. – С. 143.

19. Матко С. В. Математичне моделювання процесу адсорбційного очищення купажу на основі збродженого яблучного соку / С. В. Матко, В. О. Мірошник, Л. М. Мельник // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: 74-а наук. конф. молодих учених аспірантів і студентів, 22 кв. 2008 р.– К., 2008. – Ч.ІІ. – С. 110.

20. Матко С. В. Адсорбция пектиновых веществ из яблочного сока палигорскитом / С. В. Матко, Л. М. Мельник, Ю. А. Тарасенко, И. И. Войтко // Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности: приоритетная проблема – наноматериалы и нанотехнологии, 21-25 апреля 2008 г.: материалы XII Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых – Москва-Клязьма, 2008. – С. 94.

Особистий внесок:

проведення експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення результатів, оформлення статей [1, 3–6].

участь у підборі літературних джерел, організації та проведенні досліджень, обробці експериментальних даних та написанні статті [2, 7];

патентний пошук, участь у експериментальних дослідженнях, узагальненні результатів, підготовці матеріалів та написанні заявки [8–11].

планування та проведення експериментальних досліджень, участь в обробці експериментальних даних та написанні тез доповідей [12–20].

АНОТАЦІЯ

Матко С. В. Удосконалення процесу адсорбційного очищення яблучного соку та його купажу. – Рукопис.

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, 2009.

Дисертація присвячена удосконаленню очищення яблучного соку та його купажу українськими природними адсорбентами.

Підібрано ефективний адсорбент – палигорськіт. Досліджено процес його змочування яблучним соком. Отримано кінетичні залежності зміни концентрації пектинових речовин у соку і у палигорськіті, визначено коефіцієнт дифузії пектинових речовин в порах адсорбента.

Встановлено адсорбційну спроможність палигорськіта щодо високомолекулярних сполук, важких металів та мікроорганізмів при очищенні яблучного соку, запропоновано та обґрунтовано механізми процесів, які при цьому відбуваються. Удосконалено апаратурно-технологічні схеми адсорбційного очищення соку та його купажу палигорськітом, обґрунтовано їх економічну ефективність.

Вивчено закономірності осідання завислих частинок після оброблення купажу палигорськітом з метою розрахунку розмірів відстійного апарата.

Розроблено математичні моделі очищення яблучного соку та його купажу палигорськітом, що дають можливість вести процеси в оптимальному режимі.

Ключові слова: природні дисперсні мінерали, адсорбційне очищення, змочування, осадження, фракційність, палигорськіт, яблучний сік, купаж, високомолекулярні сполуки, екологічна безпека, стабільність.

АННОТАЦІЯ

Матко С. В. Усовершенствование процесса адсорбционной очистки яблочного сока и его купажа. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2009.

Диссертация посвящена усовершенствованию процесса очистки яблочного сока и его купажа отечественными природными адсорбентами. В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований адсорбционной очистки яблочного сока и его купажа. Среди исследованных дисперсионных минералов – гидрослюда, глауконит, палигорскит, сапонит – выбран эффективный адсорбент (палигорскит Черкасского месторождения). Исследовано смачивание палигорскита яблочным соком, определены скорость и длительность этого процесса; показано, что незначительное время смачивания позволяет не учитывать его в кинетике адсорбции.

На основании полученных кинетических кривых адсорбции пектиновых веществ палигорскитом можно установить скорость насыщения дисперсного минерала адсорбтивом. Определен коэффициент диффузии пектиновых веществ в порах адсорбента и получена система уравнений для вычисления концентраций пектиновых веществ в жидкости и в порах адсорбента.

Установлены оптимальные параметры процесса адсорбционной очистки яблочного сока палигорскитом от высокомолекулярных соединений: фракционный состав минерала 3,0...2,0 мм, концентрация адсорбента 3,3 % масс., температура обработки 70 °С, длительность 15...20 мин., которые дают возможность повысить степень прозрачности сока на 25 %, при этом содержание витамина С, углеводов, сухих веществ, активной и титрованной кислотности не изменяются.

Определена поглощательная способность палигорскита относительно ионов тяжелых металлов из яблочного сока: содержание меди уменьшается в 1,5 раза, свинца и цинка – в 1,6, кадмия – в 2,7, ртути – в 4,75, обоснован механизм сорбционных процессов.

Установлено, что палигорскит адсорбирует бактерии и грибы, уменьшая их содержание в 2...4 раза, вследствие чего продлевается срок хранения обработанного яблочного сока с 3 до 10 суток.

Показана целесообразность использования комбинированного метода очистки (палыгорскит и ферментный препарат фруктазим Р в соотношении 80:1), при этом прозрачность яблочного сока повышается с 46,3 до 96,8 %.

Экспериментальным путем установлены оптимальные параметры адсорбционной очистки купажа палыгорскитом для обеспечения его прозрачности и стабильности хранения: фракция 3,0...2,0 мм, температура 60...70 °С, длительность 30...35 мин, концентрация 2,5 % масс. Очищенный продукт отвечает требованиям стандартов.

С целью расчета отстойников исследован процесс осаждения частиц адсорбента и примесей, установлена его скорость и длительность. Исследовано влияние температуры на скорость оседания.

Получены кривые осаждения и скорости осаждения при разделении купажа и палыгорскита, на которых выделено четыре периода: начальный, постоянной скорости, солидарного осаждения, уплотнения осадка.

Разработаны математические модели процесса адсорбционной очистки яблочного сока и его купажа, подтверждена их адекватность. Оптимизирован процесс адсорбционной очистки купажа с помощью обобщенного критерия оптимизации. Преобразование локальных критериев оптимизации из натуральной в безразмерную форму проводили методом Харрингтона с помощью функции желаемого. Используя программу поиска максимального значения функции и ее параметров за значениями индексов, было вычислено максимальное значение целевой функции и параметров процесса адсорбционной очистки купажа: концентрация адсорбента 2,5 % масс, температура 70 ± 1 °С, длительность – $32,0 \pm 0,5$ хв.

Внедрение на Овруцком заводе продтоваров метода адсорбционной очистки яблочного сока дало возможность заменить дорогостоящие реагенты (танин, желатин, ферментные препараты) на палыгорскит, и это способствовало повышению прозрачности сока до 95,5 % (контроль 47,5%), дополнительной очистке от тяжелых металлов и микроорганизмов. Экономическая эффективность внедренного метода составляет 0,1 коп/дал.

Внедрение на Сумском ликеро-водочном заводе "Горобына" усовершенствованного процесса адсорбционной очистки купажа подтвердило эффективность метода. Прозрачность купажа возросла на 18 %, увеличилась его стабильность относительно образования вторичных коллоидных помутнений, себестоимость снизилась на 0,3 коп/дал.

Ключевые слова: природные дисперсные минералы, адсорбционная очистка, смачивание, осаждение, фракционность, палыгорскит, яблочный сок, купаж, высокомолекулярные соединения, экологическая безопасность, стабильность.

ANNOTATION

Matko S.V. Improvement of the process of the adsorption refining of apple juice and its coupagou. – Manuscript.

Dissertation for obtaining scientific degree of candidate of technical sciences under speciality 05.18.12 – processes and equipments of food, microbiological and

pharmaceutical productions. – The National university of food technologies, Kiev, 2009.

Dissertation is devoted to the improvement of the process of refining apple juice and its coupagou by natural domestic adsorbents.

An effective and low-cost adsorbent, paligorskit, has been selected. The process of its moistening by apple juice has been explored. The kinetic dependences of changes in concentration of pectin substances in juice and in paligorskit have been obtained, coefficient of diffusion of pectin substances in the pores of the adsorbent have been determined.

Adsorption capacity of paligorscit in relation to high molecular connections, heavy metals and microorganisms, when refining apple juice, has been proved, mechanisms of processes, which here take place, have been suggested and founded. The apparatus-technological schemes of the adsorption refining of juice and its coupagou by paligorscit have been improved, their economic efficiency has been grounded.

For the purpose of determining the sizes of sediment apparatus, the regularities of the sedimentation of the hovering particles, after the coupagou is being processed by paligorscit, have been studied.

The mathematical models of refining apple juice and its coupagou by paligorscit, which give the possibility to process to conduct the process in the optimum mode, have been developed.

Keywords: adsorption refining, high molecular connections, moistening, ecological safety, coupagou, sedimentation, paligorskit, natural dispersion minerals, stability, factionalism, apple juice.

Підп. до друку 27.02.09 р. Зам. № 141. Наклад 130 пр.

РВЦ НУХТ, 01033 Київ – 33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuft.edu.ua

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.