

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ВЕСЕЛОВСЬКА ТАЇСІЯ ЄВГЕНІЇВНА

УДК 664.8.047

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СУШІННЯ ЯБЛУЧНИХ ВИЧАВОК ТА УДОСКОНА-
ЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЇХ ПРОМИСЛОВОГО ВИКОРИСТАННЯ**

05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних
та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ - 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України і на ВАТ «АДАМС» м. Кам'янець-Подільський

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Малежик Іван Федорович**, Національний університет харчових технологій, професор кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук **Малецька Кіра Дмитрівна**, інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, провідний науковий співробітник;

кандидат технічних наук, доцент **Овчарук Володимир Олексійович**, Національний університет харчових технологій, завідувач кафедри інформатики.

Захист відбудеться „24” листопада 2010 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий „___” жовтня 2010 року

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,

к.т.н., доц.

Л.О. Кривопляс-Володіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При одержанні яблучного соку в консервному виробництві утворюється велика кількість яблучних вичавок, які мають значну кількість поживних речовин, але майже не переробляються. Використання яблучних вичавок дає можливість створити безвідходну технологію перероблення яблук і розширити та збагатити асортимент продуктів.

Особливо значимою є проблема використання яблучних вичавок, як нетрадиційної місцевої сировини.

Тому дослідження з метою інтенсифікації сушіння і зберігання яблучних вичавок, а також розроблення технології виготовлення різноманітних продуктів з них є актуальними, мають теоретичне і практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно пріоритетному напрямку наукових робіт НУХТ на 2006 – 2010рр. «Розроблення наукових основ тепломасообмінних та інших процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення нових високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації та автоматизації для харчових та переробних галузей АПК» (схвалено Вченою Радою НУХТ протокол №7 від 25.03.2006), плану науково-дослідної роботи кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування НУХТ за напрямком "Інтенсифікація технологічних процесів в харчовій і мікробіологічній промисловості".

Автор особисто брала участь у плануванні та проведенні експериментальних досліджень, узагальненні та аналізі результатів експериментів.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи було: дослідження фізико-хімічних властивостей та структурних особливостей яблучних вичавок як об'єкту сушіння, експериментальне дослідження кінетики процесу сушіння яблучних вичавок при терморадіаційному енергопідведенні, розроблення найбільш ефективної конструкції сушарки, розроблення технологій виготовлення харчових продуктів з додаванням порошку яблучних вичавок.

У відповідності з поставленою метою були сформульовані основні задачі роботи:

- дослідити хімічний склад яблучних вичавок і зміни їх якості при зберіганні;
- дослідити структурні особливості яблучних вичавок, як об'єкту сушіння;
- дослідити кінетику процесу сушіння яблучних вичавок при терморадіаційному методі енергопідведення;
- розробити напівпромислову сушарку з терморадіаційним енергопідведенням;
- дослідити процеси зберігання висушених яблучних вичавок і порошку з них;
- розробити технологію виготовлення хліба з додаванням порошку з яблучних вичавок;
- розробити технологію виготовлення повидла і напою з яблучних вичавок;
- розробити нормативну документацію на виготовлення хліба і консервів з використанням яблучних вичавок, провести апробацію результатів досліджень у виробничих умовах;
- визначити економічну ефективність застосування яблучних вичавок для виробництва додаткової продукції.

Об'єкт дослідження – кінетика сушіння яблучних вичавок при терморадіаційному енергопідведенні.

Предмет дослідження – яблучні вичавки.

Методи дослідження – фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні методи визначення якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції; методи фізичного і математичного моделювання.

Наукова новизна. Визначені оптимальні параметри сушіння яблучних вичавок ІЧ-промінням. Вивчені і узагальнені властивості свіжих і сушених яблучних вичавок. Обґрунтована і експериментально доведена можливість виготовлення різних видів харчових продуктів з використанням яблучних вичавок.

Визначена харчова цінність продуктів з використанням яблучних вичавок.

Практична значимість одержаних результатів. Одержані дані показали доцільність використання яблучних вичавок для розширення сировинної бази консервної промисловості.

Запропонований спосіб сушіння яблучних вичавок та технології виготовлення продуктів з них можуть бути впроваджені на консервних заводах, хлібозаводах та пекарнях.

Розроблені технічні умови, технологічні інструкції та рецептури на виготовлення консервів та хліба з використанням яблучних вичавок як основної і додаткової сировини.

Розрахована економічна ефективність використання яблучних вичавок як сировини у виробництві нових видів продукції.

На корисну модель „Спосіб виробництва сухих яблучних вичавок” та розроблену технологію виготовлення напою „Студентський” і рецептуру для нього отримані три деклараційні патенти України.

Матеріали досліджень використовуються в навчальному процесі при підготовці фахівців за напрямком „Харчова технологія та інженерія” при вивченні дисципліни „Технологія консервування”.

Особистий внесок здобувача. Особиста участь автора полягає в аналізі існуючих способів сушіння яблучних вичавок, їх спектральних терморадіаційних характеристик, розробленні сушарки з терморадіаційним енергопідведенням; проведенні лабораторних і промислових досліджень хімічного складу яблучних вичавок, процесів сушіння і зберігання сушених та сирих яблучних вичавок, властивостей порошку з яблучних вичавок і його впливу на якість хліба, розробленні технології виготовлення хліба, повидла та напою, апробації результатів у виробничих умовах, розробленні нормативної документації, в підготовці матеріалів до публікації.

Узагальнення і аналіз результатів досліджень виконано спільно з науковим керівником д.т.н., проф. Малежиком І.Ф.

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції „Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України” (Київ, НУХТ, 2003р.), на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції „Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи” (Київ, НУХТ, 2005р.), на Всеукраїнській науково-

практичній конференції „Нові ресурсо- та енергозберігаючі технології харчових виробництв” (Полтава, ПУСКУ, 2007р.), на 73-ій науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті” (Київ, НУХТ, 2007р.)

Результати роботи апробовані і підтверджені у виробничих умовах Кам’янець-Подільського ВАТ „АДАМС” і пекарні Кам’янець-Подільського комбінату хлібопродуктів ВАТ „АДАМС” та у сільськогосподарському товаристві с.Лясківці Кам’янець-Подільського району.

Публікації. Основні результати роботи викладені у 15 друкованих працях, в тому числі: опубліковано 8 статей у фахових наукових виданнях, затверджених ВАК України, 4 тези доповідей на конференціях, 3 патенти України на винаходи.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, висновків і 13 додатків.

Основні результати роботи викладено на 127 сторінках друкованого тексту, включаючи 40 рисунків і 18 таблиць. Список використаної літератури містить 150 джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, визначені мета та основні завдання досліджень, наведені наукова новизна і практична цінність отриманих результатів.

У першому розділі розглянуто закономірності явищ внутрішнього тепло- і вологоперенесення та їх основні теоретичні положення, як основи процесу сушіння.

Аналізуючи існуючі методи сушіння яблучних вичавок встановлено, що при виборі способу сушіння вторинної фруктової сировини, основними критеріями є економічність методу, збереження біологічно активних речовин, а також структурно-механічні і фізичні властивості сировини.

Способом підвищення ефективності процесу сушіння є його інтенсифікація за рахунок використання комбінованих методів енергопідведення та режимів сушіння.

На основі досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів наведені фізико-хімічні властивості та структурні особливості яблучних вичавок, як об’єкту сушіння, розглянуті перспективи використання ІЧ-енергії для сушіння вторинної сировини.

Вивчені спектральні терморадіаційні характеристики об’єкта сушіння і підібрані відповідні ІЧ-генератори.

Огляд існуючих типів сушарок, придатних для сушіння вторинної сировини, зокрема яблучних вичавок, привів до висновку про необхідність створення раціональних технічних параметрів і відповідного обладнання.

Зроблено аналіз процесів перероблення і використання яблучних вичавок в харчовій промисловості і сільському господарстві.

У другому розділі наведена схема (рис.1) і опис експериментальної лабораторної установки для ІЧ-сушіння харчових продуктів. Лабораторна установка дозволяла вести одночасно автоматично запис витрати маси вологи та температури у шарах зразка.

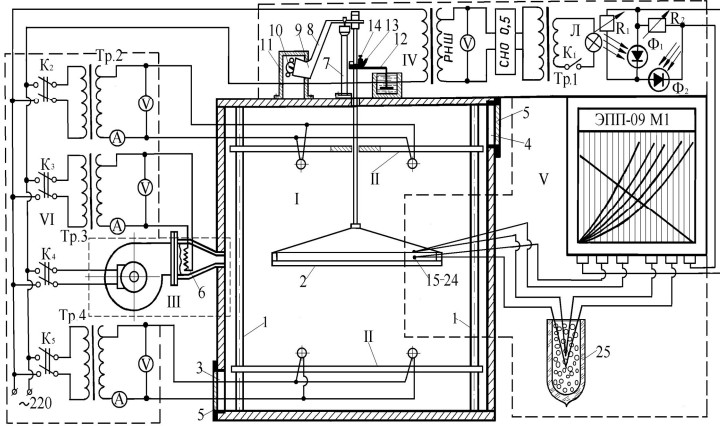


Рис.1. Схема лабораторної термо-радіаційної установки для дослідження кінетики сушіння харчових продуктів: I – сушильна камера; II – вузли ІЧ електро-випромінювачів; III – електровентильатори; IV – вузол реєстрації маси видаленої вологи; V – вузол автоматичного запису температури; VI – блок живлення ІЧ генераторів і регулювання напруги в них.

дить через камеру.

Вузол реєстрації зменшення маси IV матеріалу - видозмінена конструкція фототерези, на основі аналітичних ваг 7. Коромисло ваг 8 різноплечне. До короткого плеча коромисла підвішується тяга сітки-підставки 2 з вологим матеріалом. До довшого плеча коромисла ваг підвішується противага та заслінка 9, яка пере-криває віконце фотоелемента 10 ФЕСС-У10 у світлонепроникному корпусі. Для підтримання сталої за часом інтенсивності випромінювання лампочки Л живлення її здійснювалось стабілізованою напругою 6,3 В за допомогою регулятора напруги РНШ, стабілізатора напруги СНО-0,5 та трансформатора Tr_1 . Напруга на резисторі R_2 , пропорційна зменшенню маси зразка, який висушується, реєструється автома-тично на самопишучому потенціометрі. Коливання ваг, що виникають у процесі сушіння, гасяться рідинним демпфером 12. Чутливість запису зміни маси зразка складала 0,0363 г/мм, що відповідає 10 г на усю шкалу приладу. При зменненні маси зразка на 10 г при сушінні на чашку ваг 13 додається тягарець 14 масою 10 г.

Вузол автоматичного запису температури V складається із дванадцятиточ-кового автоматичного потенціометра ЕПП-09М1, мідно-константових термопар 15-24 і посудини Д'юара 25. У дослідах проводили вимірювання та запис темпе-ратури у шарах зразка, "мокрого" термометра та повітря у сушильній камері. "Хо-лодні" шари термопар розміщувались у посудині Д'юара.

Блок живлення VI установки складається з трьох регуляторів напруги Tr_2 – Tr_4 , тиску РНО-10, за допомогою яких необхідна напруга подавалася на вузли ІЧ випромінювачів II та нагрівач 6. Необхідну потужність при цьому визначали за показами вольтметрів та амперметрів.

Сушильна камера I виготовле-на з листів полірованого алю-мінію, з високим коефіцієнтом відбивання ІЧ променів, що покращує умови рівномірнос-ті опромінення об'єкта сушін-ня. Стінки камери трьохшаро-ві (алюмінієвий лист, набивка мінеральної вати, облицюваль-ний лист). В сушильній камері по вертикальних стінках 1 мо-жуть переміщуватися та фіксу-ватися у різних положеннях ву-зли ІЧ генераторів II для зміни величини опроміненості зраз-ків, які розміщуються на сітці-підставці 2. Циркуляція повітря всередині камери сушіння I при ІЧ сушінні створюється вхід-ним 3 та вихідним 4 вікнами з заслінками 5, що регулюють кількість повітря, що прохо-

Для сушіння яблучних вичавок у наших дослідженнях використані “темні” ІЧ генератори типу ТЕН–38А13/060220, оскільки для них максимум спектральної випромінювальної здатності лежить у області довжин хвиль 2,5 – 4,0 мкм.

У дослідженнях витримували умови симетричного двостороннього підведення теплоти до об’єкту висушування при різних величинах (сумарної: зверху і знизу) опроміненості E : $2080 \leq E \leq 3660 \text{ Вт/м}^2$.

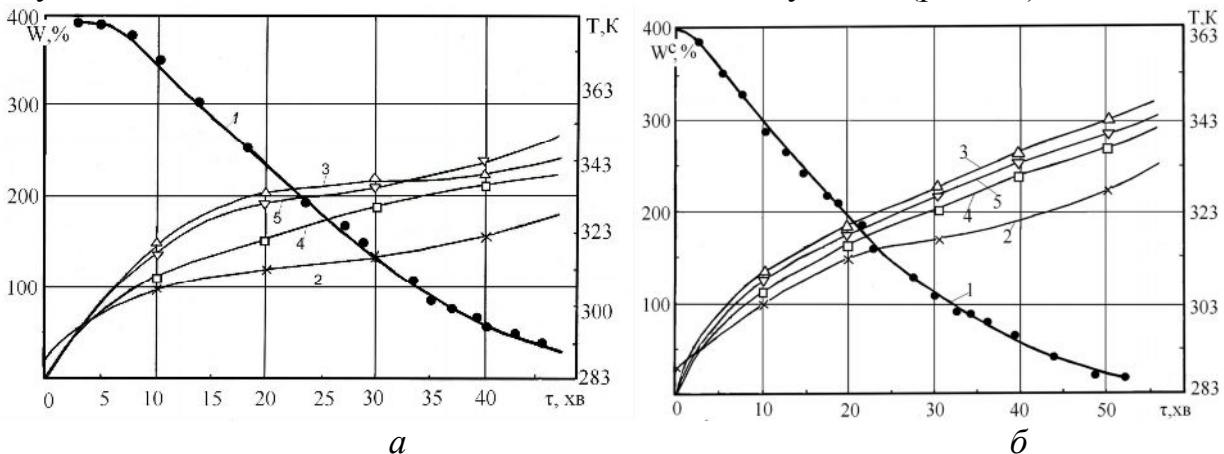
В усій серії проведених дослідів початковий вологовміст W_n^c був однаковим і досягав $W_n^c = 400\%$, що по вологості W відповідало $W = 80\%$. Сушіння завершувалося при досягненні зразком вологовмісту $W_k^c = 13,65\%$, що відповідає кінцевому стандартному значенню сухого продукту.

Температура вимірювалася за допомогою трьох мідь – константанових термопар по висоті шару зразка: у центрі і по 1 мм від верхньої та нижньої поверхонь шару зразка. Окремою четвертою термопарою вимірювалася температура повітря у камері сушіння, вона була екранована від прямого попадання на неї ІЧ проміння.

Експериментальне вивчення кінетики процесу сушіння яблучних вичавок при вказаному енергопідведенні полягало у визначенні тривалості процесу і величини опроміненості E , яка визначає якість готової продукції. Тому завдання досліджень зводилося до розробки оптимального режиму сушіння яблучних вичавок при ІЧ енергопідведенні.

На рис. 2 представлені криві кінетики терморадіаційного сушіння яблучних вичавок при різних величинах опроміненості: 2080, 2600, 3200 Вт/м^2 . Криві сушіння характеризують зміну інтегрального вологовмісту W залежно від часу. Звідси видно, що із зростанням величини E тривалість процесу сушіння скорочується на незначну величину для досягнення кінцевої величини вологовмісту $W^c = 13,65\%$.

У серії дослідів, що показані на рис. 2. (а, в) на кривих 1 простежується короткочасна стадія прогрівання об’єкта сушіння протягом 2...5 хвилин. Це пов’язано з тим, що процес сушіння починався не з моменту вмиканням ТЕНів, а з часом їх виходу на режими, при яких досягаються відповідні величини опроміненості E . На рис. 2, б процес сушіння здійснювався за попередньо ввімкнених ТЕНів, величина опроміненості яких досягала $E = 2600 \text{ Вт/м}^2$. У цих умовах, як видно з кривої 1, стадія прогрівання зразка зникає за рахунок інтенсивного поглинання ІЧ-променів нижньою та верхньою поверхнями зразка з високим початковим вологовмістом. Це супроводжується одночасним видаленням вологи, що підтверджується досить великими значеннями швидкості сушіння (рис.3,б).



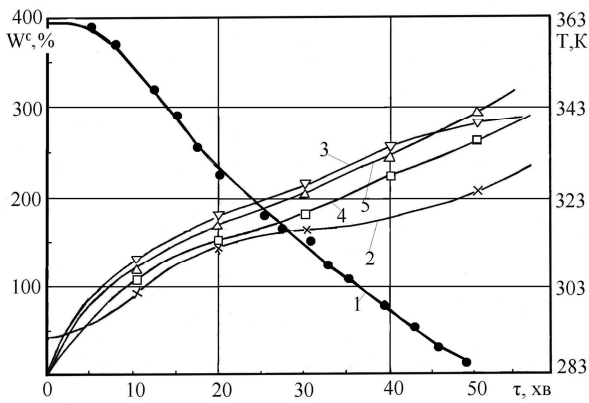


Рис. 2. Криві кінетики ІЧ сушіння яблучних вичавок при а) $E = 2080 \text{ Вт/м}^2$; б) $E = 2600 \text{ Вт/м}^2$; в) $E = 3200 \text{ Вт/м}^2$; 1 – крива сушіння; 2 – температура повітря у камері; 3, 5 – температура матеріалу на відстані 1 мм від поверхні, відповідно нижньої та верхньої; 4 – центр зразка.

в

Апроксимуючи дані першого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються лінійному закону.

$$\text{Для } E = 2080 \text{ Вт/м}^2 - W = -15,09\tau + 579 \text{ при } R^2 = 0,991;$$

$$E = 2600 \text{ Вт/м}^2 - W = -13,69\tau + 512 \text{ при } R^2 = 0,993;$$

$$E = 3200 \text{ Вт/м}^2 - W = -13,795\tau + 565 \text{ при } R^2 = 0,99,$$

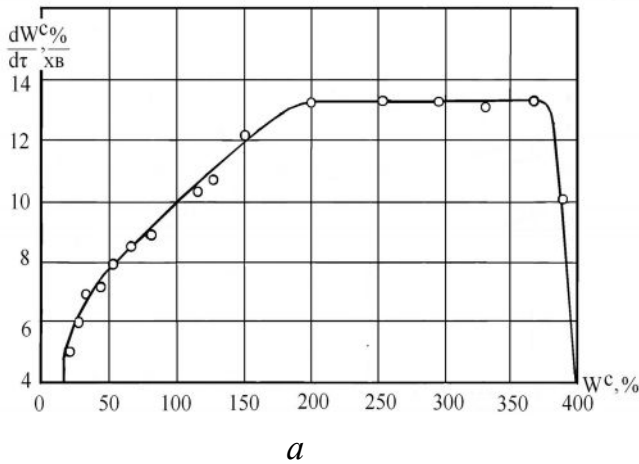
де W – вологовміст, %; τ – час, хв; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

Апроксимуючи дані другого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються логарифмічному закону.

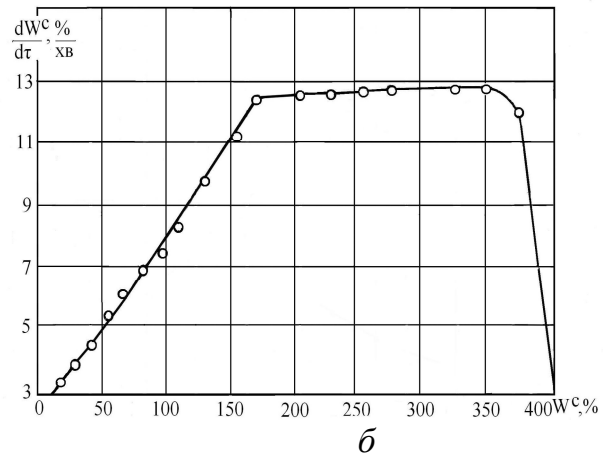
$$\text{Для } E = 2080 \text{ Вт/м}^2 - W = -282 \ln(\tau) + 1121 \text{ при } R^2 = 0,992;$$

$$E = 2600 \text{ Вт/м}^2 - W = -228,5 \ln(\tau) + 914 \text{ при } R^2 = 0,9945;$$

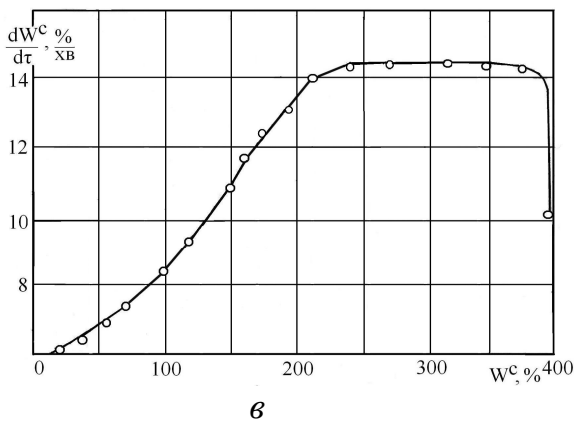
$$E = 3200 \text{ Вт/м}^2 - W = -316,5 \ln(\tau) + 1252,5 \text{ при } R^2 = 0,9744,$$



а



б



в

Рис. 3. Криві швидкості сушіння яблучних вичавок при а) $E = 2080 \text{ Вт/м}^2$; б) $E = 2600 \text{ Вт/м}^2$; в) $E = 3200 \text{ Вт/м}^2$.

Апроксимуючи дані другого періоду швидкості сушіння вивели рівняння, що підпорядковуються логарифмічному закону.

$$\text{Для } E = 2080 \text{ Вм} / \text{м}^2 - \frac{dW}{d\tau} = -14,12 \ln(\tau) + 57,9 \text{ при } R^2 = 0,85;$$

$$E = 2600 \text{ Вм} / \text{м}^2 - \frac{dW}{d\tau} = -11,4551 \ln(\tau) + 47,2 \text{ при } R^2 = 0,89;$$

$$E = 3200 \text{ Вм} / \text{м}^2 - \frac{dW}{d\tau} = -12,89 \ln(\tau) + 55,1 \text{ при } R^2 = 0,89,$$

Апроксимуючи дані другого періоду швидкості сушіння $\frac{dW}{d\tau} = f(W)$ (рис. 3, а, в) вивели рівняння, що підпорядковуються логарифмічному і експоненціальному закону.

$$\text{Для } E = 2080 \text{ Вм} / \text{м}^2 - \frac{dW}{d\tau} = 5,75 \ln(W) - 18,73 \text{ при } R^2 = 0,88;$$

$$E = 2600 \text{ Вм} / \text{м}^2 - \frac{dW}{d\tau} = 2,56e^{0,0076W} + 47,2 \text{ при } R^2 = 0,87;$$

$$E = 3200 \text{ Вм} / \text{м}^2 - \frac{dW}{d\tau} = 3,93 \ln(W) - 8,75 \text{ при } R^2 = 0,95,$$

За експериментальними даними кривих сушіння яблучних вичавок одержані криві швидкості сушіння $(\frac{dW^c}{d\tau}, \% / \text{хв})$, які характеризують зміну вологовмісту зразка за одиницю часу в залежності від вологовмісту зразка у процесі сушіння. Для побудови кривих швидкості сушіння використаний метод дискретного диференціювання за п'ятьма точками кривих сушіння. Цей метод, на відміну від методу графічного диференціювання кривої сушіння, дозволяє розрахувати середню швидкість сушіння за дуже малі проміжки часу. Так, за м'яких режимів сушіння яблучних вичавок, коли величина E знаходилась у межах $2080 \leq E \leq 2880 \text{ Вм} / \text{м}^2$, максимум кривих швидкості сушіння обмежується вологовмістом величиною $W_1^c = 350 - 250\%$. При більш жорстких режимах сушіння ($3200 \leq E \leq 3660 \text{ Вм} / \text{м}^2$) їх максимум знаходиться в інтервалі вологовмісту $W^c = 250 - 150\%$.

Після досягнення зразками вологовмісту $W_{кр}^c$ швидкість сушіння, в більшості дослідів, різко зменшується до певної мінімальної величини. Цей мінімум швидкості сушіння не на всіх кривих $\frac{dW^c}{d\tau}$ явно виражений. У процесі сушіння яблучних вичавок він настає при їх вологовмісті $W^c = 250 - 150\%$ в залежності від величини опроміненості E .

Збільшення величини опроміненості від 2080 до 3200 $\text{Вм} / \text{м}^2$ не дає бажаного ефекту за тривалістю процесу сушіння. Як видно з рис. 2 (криві 1) у вказаних межах величин опроміненості тривалість процесу сушіння зменшувалась, але не суттєво. Як встановлено нашими дослідями, найбільш раціональним з точки зору технології ІЧ сушіння яблучних вичавок є режим процесу при величині опроміненості $E = 3660 \text{ Вм} / \text{м}^2$.

Цей режим ІЧ сушіння є прийнятним для яблучних вичавок за якістю їх висушування. Було проведено декілька паралельних дослідів при даному режимі сушіння яблучних вичавок з однаковим початковим вологовмістом.

Одержані результати мало відрізнялися: за тривалістю процесу сушіння $\tau = 35 - 37 \text{ хвилини}$; якісний показник визначався візуально: шкірки яблук – без пригорання, а м'якоть яблук набула світло-коричневого забарвлення.

Дослідами встановлено, що найбільш раціональний режим ІЧ-сушіння яблучних вичавок здійснюється при опроміненості 3660 Вт/м^2 . Отже, необхідна якість процесу забезпечується веденням процесу при певних параметрах, від яких залежить і тривалість сушіння.

Загальна тривалість сушіння $\tau_{\text{заг}}$ складається із часу стадії прогрівання τ^1 з одночасним видаленням вільної вологи та тривалості сушіння $\tau_{\text{мп}}$ у періоді сталої та спадаючої швидкості сушіння:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau^1 + \tau_{\text{мп}} \quad (1)$$

Час протікання стадії прогрівання τ^1 залежить від величини опроміненості E та значення початкового вологовмісту $W_{\text{поч}}^c$ яблучних вичавок.

Для прийнятого нами оптимального режиму, який здійснюється при опроміненості $E = 3660 \text{ Вт/м}^2$ та $W_{\text{поч}}^c = 400\%$ яблучних вичавок, час стадії прогрівання τ дорівнює часу досягнення максимальної швидкості сушіння N_{max} . Як видно з рис.5, $N_{\text{max}} = 20,2\% / \text{хв}$ при $W_{\text{rh}}^c = 360\%$, а із кривої сушіння (рис.4, крива 1) знаходимо, що вологовміст яблучних вичавок через 7 хвилин від початку процесу становить $W^c = 360\%$. Отже, $\tau^1 = 7 \text{ хв}$.

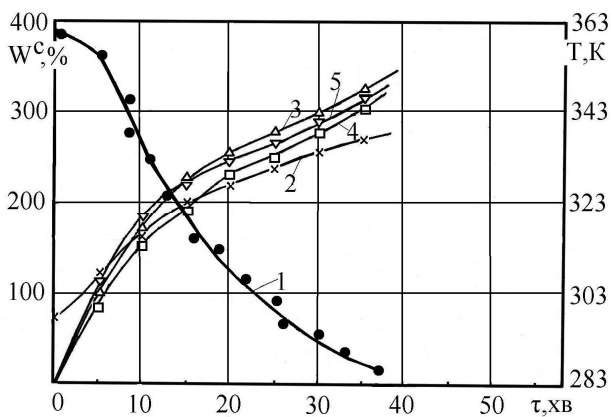


Рис. 4. Криві кінетики ІЧ сушіння яблучних вичавок при $E = 3660 \text{ Вт/м}^2$: 1 – крива сушіння; 2 – температура повітря у камері; 3,5 – 1 мм від поверхні, відповідно нижньої та верхньої; 4 – центр зразка.

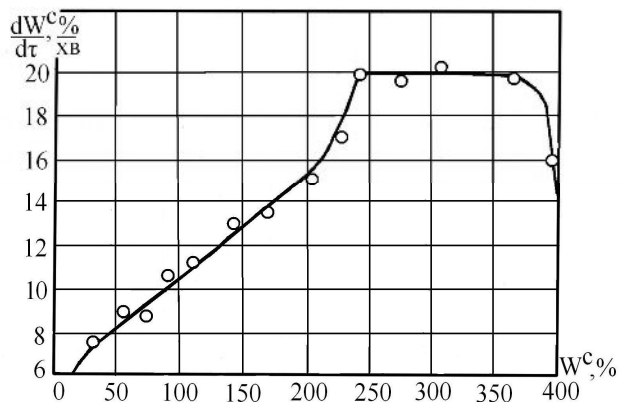


Рис. 5. Крива швидкості ІЧ сушіння яблучних вичавок при $E = 3660 \text{ Вт/м}^2$.

На кривій сушіння яблучних вичавок для вказаного режиму, що побудована у напівлогарифмічних координатах $\lg(W^c - W_{\kappa}^c) - \tau$, точки зламу (сингулярні точки) відповідають вологовмістам W_1^c , W_2^c , W_3^c . Тому тривалість процесу сушіння у другому періоді $\tau_{\text{мп}}$ знаходиться як сума тривалості сушіння в його першій τ_1 , другій τ_2 та третій τ_3 частинах і при $W_{\kappa}^c = 13,65\%$ визначається за формулою [2]:

$$\tau_{\text{мп}} = \frac{1}{N_{\text{max}}} \left(\frac{1}{\chi_1} \ln \frac{W_1^c}{W_2^c} + \frac{1}{\chi_2} \ln \frac{W_2^c}{W_3^c} + \frac{1}{\chi_3} \ln \frac{W_3^c}{W_{\kappa}^c} \right). \quad (2)$$

Значення W_1^c , W_2^c , W_3^c визначаються із узагальненої кривої сушіння у напівлогарифмічних координатах та кривої сушіння (крива 1, рис.4). Для даного режи-

му (рис.5) максимальна швидкість сушіння $N_{\max} = 20,2\% / \text{хв}$, а розраховані відносні коефіцієнти сушіння складають:

$$\chi_1 = 1,3755 \cdot 10^{-3}; \chi_2 = 1,920 \cdot 10^{-3}; \chi_3 = 5,230 \cdot 10^{-3}.$$

Розрахунок тривалості сушіння τ_{mp} яблучних вичавок у періоді спадаючої швидкості сушіння за формулою (2) дає:

$$\tau_{mp} = \frac{1}{20.2} \left(\frac{1}{1.3755 \cdot 10^{-3}} \ln \frac{360}{235} + \frac{1}{1.92 \cdot 10^{-3}} \ln \frac{235}{80} + \frac{1}{5.23 \cdot 10^{-3}} \ln \frac{80}{13.65} \right) = 26.05 \text{хв}.$$

Оскільки час стадії прогрівання τ , на протязі якого вологовміст вичавок зменшився від $W_{поч}^c$ до $W_{кр}^c = 360\%$, займає 7 хв., то загальна тривалість процесу сушіння яблучних вичавок згідно (2.14) складає 33.05 хвилин.

За результатами експериментальних даних у лабораторних умовах при даному режимі загальна тривалість сушіння яблучних вичавок досягає 35 хвилин, а за розрахунками - 33 хвилини, що можна вважати за припустиме співпадання результатів.

Більш точне співпадання тривалості сушіння яблучних вичавок нами отримано при виконанні виразу $(E \cdot \tau)_w = const$, оскільки інваріантна величина $(E \cdot \tau) \cdot W^c$ є визначальним параметром режиму ІЧ сушіння. У цьому випадку доцільно вибрати такий самий режим сушіння ($E = 3660 \text{Вт} / \text{м}^2$)

$$\tau_{заг} = \frac{(E \cdot \tau) \cdot W^c}{E} \quad (3)$$

За виразом (3) для вказаного режиму на момент часу τ , коли величина поточного вологовмісту вичавок набуде значення їх кінцевого вологовмісту W_k^c , тобто $W^c = W_k^c = 13,65\%$ (час τ береться у секундах). При $W_k^c = 13,65\%$ добуток $E \cdot \tau = 7,8 \cdot 10^6 \text{Вт} \cdot \text{с} / \text{м}^2$, тоді

$$\tau_{заг} = \frac{7.8 \cdot 10^6}{3.66 \cdot 10^3} \cong 131.15(\text{с}) \cong 5.52 \text{хв}.$$

Отриманий результат визначення загальної тривалості сушіння яблучних вичавок за рівнянням (3) дає хороше співвідношення величини $\tau_{заг}$ з її дослідним значенням.

Метод розрахунку тривалості сушіння з використанням інваріантної величини $(E \cdot \tau) \cdot W^c$ можна застосувати, якщо процес сушіння ведеться зі змінними різними режимами.

У третьому розділі наведені будова, принцип дії і встановлені параметри розробленої нами напівпромислової сушарки.

За конструкцією апарат представляє собою стрічкову сушарку із горизонтальним сітчастим конвеєром. Над конвеєром та між робочою і вільною віткою розташовані трубчасті змійовикові випромінювачі – ТЕНи ТЭН 210Б 13/3,2 Т220, закріплені за допомогою хомутів-клем. На перших чотирьох метрах терморадіаційної сушарки ТЕНи розміщені на відстані 80мм один від одного, що відповідає першому періоду сушіння. Наступних два метри ТЕНи розміщені на відстані 60мм один від одного, що відповідає другому періоду сушіння. Тени розміщені над і в середині конвеєрної стрічки так, щоб забезпечити рівномірність опромінення продукту, оскільки поглинання випромінювання здійснюється в межах полоси поглинання продукту. Для покращення умов створення рівномірного опромінення

над ТЕНами встановлені відбивачі інфрачервоних променів з листів полірованого алюмінію і теплоізоляція із совеліту товщиною 30мм. Випарена волога відводиться через витяжний пристрій, забезпечений вентилятором. Сушарка складається із металевого каркасу, на якому монтується секції сушарки, привідний барабан, на-тяжний барабан, роликові опори і контрольно-вимірювальні прилади. Привід кон-веєра здійснюється від електродвигуна марки ЧА80В8, потужністю $N = 0,55 \text{ кВт}$ і $n = 682 \text{ об/хв}$, через черв'ячний редуктор, варіатор швидкості і ланцюгову передачу (рис. 6). Як тяговий орган використовується спіраль-но-стержнева сітка з мідно-нікелевого сплаву, який не кородує і не притягується магнітом, шириною 1250мм, аналогічно сітці, що використовується в сушарках типу СПК. Рекомендована тов-щина шару висушуваного матеріалу 10мм забезпечується за допомогою заванта-жувального пристрою, який вирівнює шар сировини по висоті і по ширині стрічки сушарки. За допомогою варіатора можна правильно змінювати швидкість від 0,1 до 0,7м/хв.

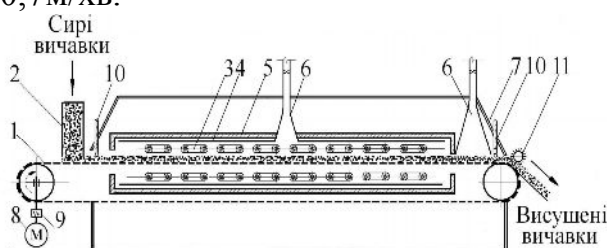


Рис. 6. Експериментальна напів-промислова сушарка з термораді-аційним енергопідведенням: 1-сітчастий конвеєр; 2-вирівнювач шару продукту; 3 - трубчасті змійовикові випроміню-вачі; 4-відбивачі ІЧ-променів; 5-теплова ізоляція; 6-витажний при-стрій; 7-корпус; 8-привод; 9-ват-метр; 10-термометри; 11-зворушувач.

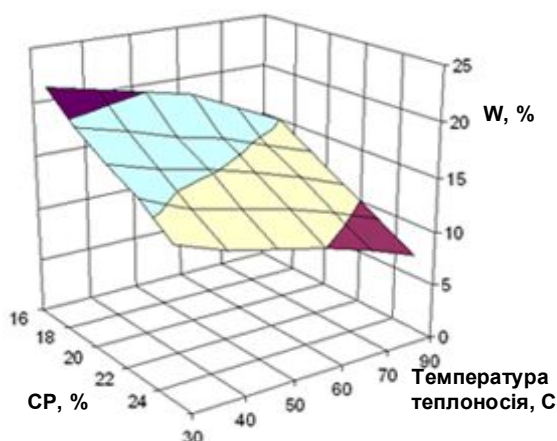


Рис.7. Визначення кінцевої вологості яблучних вичавок в залежності від вмісту сухих речовин в діапазоні від 16...24%, і температурах теплоносія 30...90 °С.

Проведені дослідження по визна-ченню кінцевої вологості яблучних вичавок в залежності від вмісту сухих ре-човин (рис.7), визначенню витрати енергії за одиницю часу при тривалості сушіння в діапазоні 16...66 хвилин і те-мпературах теплоносія в діапазоні від 30 до 90 °С (рис.8), загальної витрати енергії в залежності від температури теплоносія і тривалості перебування яблучних вичавок в сушарці (рис.9), від товщини шару яблучних вичавок, що подаються на конвеєрну стрічку тер-морадіаційної сушарки (рис.10).

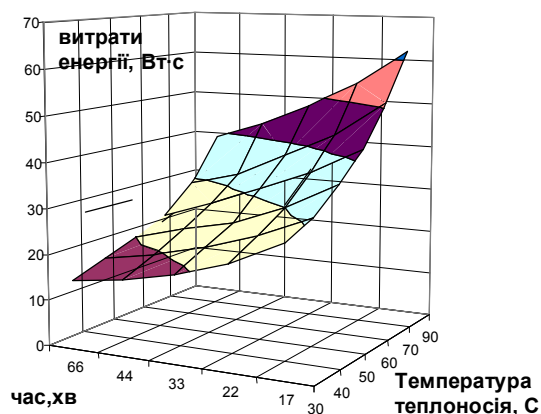


Рис. 8. Витрати енергії за одиницю часу в залежності від температури.

Встановлено, що зі зростанням вмісту сухих речовин на один відсоток перед сушінням кінцева вологість зменшується за лінійною залежністю в середньому на 1,05%.

Витрати енергії за одиницю часу збільшуються в залежності від температури за експоненціальною залежністю.

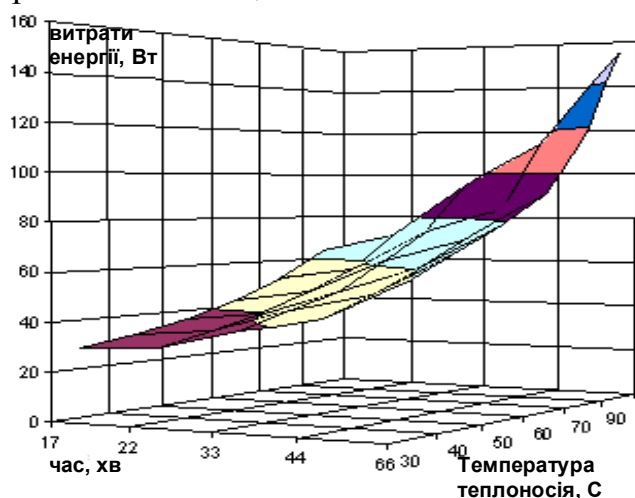


Рис. 9. Загальні витрати енергії в залежності від температури теплоносія і тривалості перебування яблучних вичавок в сушарці

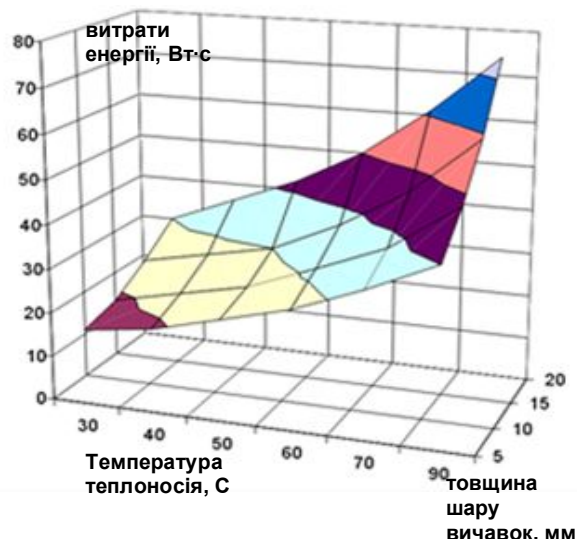


Рис. 10. Витрати енергії за одиницю часу в залежності від температури теплоносія і товщини шару вичавок

При збільшенні тривалості сушіння витрати енергії збільшуються в залежності від часу за лінійною залежністю.

За результатами органолептичних і фізико-хімічних показників доцільно застосовувати вичавки висушені при температурі 50 ... 60°С і тривалості сушіння 33...35 хв.

Встановлено, що найдоцільніше висушування проводити при товщині шару вичавок 10 мм, оскільки при більшому шарі різко зростають витрати енергії за рахунок збільшення температури теплоносія

В четвертому розділі доведено, що найбільш придатним для промислового подрібнення висушених яблучних вичавок виявився ударний спосіб, тому висушену сировину диспергували на дезінтеграторі.

Досліджено дисперсний склад порошку з яблучних вичавок, який має значний вплив на такі властивості порошку, як гігроскопічність і насипну масу. Дисперсний склад порошку визначали мікроскопічним та ситовим методом.

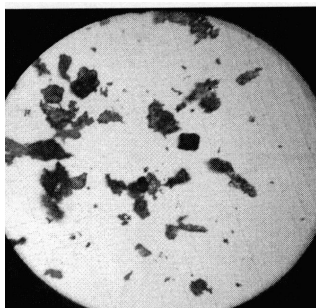


Рис.12. Мікрофотографія дисперсного складу порошку з яблучних вичавок

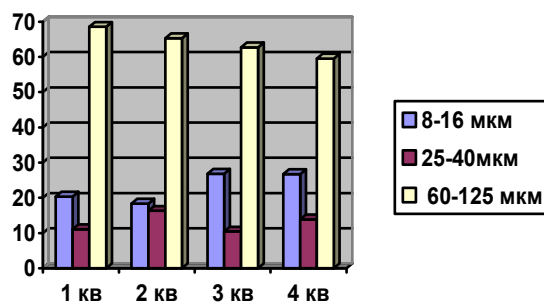


Рис.13. Дисперсний склад порошку з яблучних вичавок.

У досліджуваних зразках при мікрофотографуванні (рис.12, 13) частинки величиною 60 – 125 мкм становлять 63,09%; 25 – 40 мкм – 12,98%; 8 – 16 мкм – 23,98%. Отриманий порошок є грубодисперсною системою. Мікроструктурний аналіз порошку з яблучних вичавок показав, що середній діаметр гранул при $E = 3600$ складає 45 мкм. Висушений порошок вийшов з високою сипучістю, криві розподілу частинок показано на рис.14.

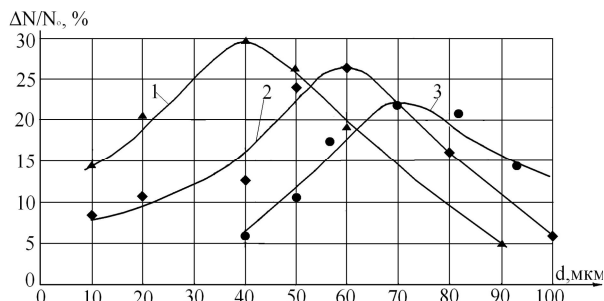


Рис. 14. Диференційний розподіл частинок порошку з яблучних вичавок за розмірами при енергетичній опроміненості $E=3660$ та вологості W , %: 1 - 8; 2 - 12; 3- 18

Аналізуючи крупність помелу порошку за ГОСТ 27560 ситовим методом, просіювання проводили через шовкові сита №35 і №43. Прохід сита №35 становив – 8-10%; сита №43–80%.

Порошок з яблучних вичавок, який досліджували, на гігроскопічність, має площу поверхні $7-9\text{г}/\text{м}^2$. Такі порошки легко звожуються, що було доведено на прикладі порошку з яблучних вичавок. Гігроскопічність порошку досліджувалась вимірюванням поточної маси з періодичністю один раз на добу протягом 8 діб. Встановлено, що поглинання вологи зростає з часом(рис.15)

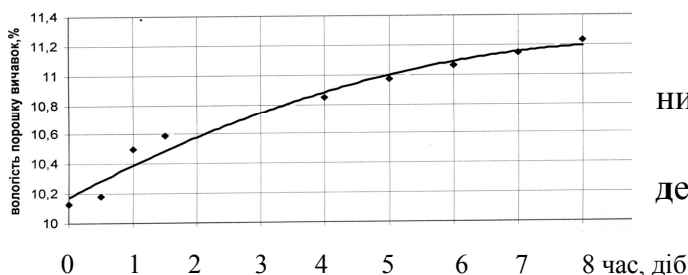


Рис.15. Залежність водо поглинальної здатності порошку з яблучних вичавок від тривалості зберігання.

Після апроксимації одержаних даних рівняння має вигляд:

$$W = -0,0125\tau^2 + 0,2273 + 10,175, \quad (4)$$

де W – вологість порошку з вичавок, %; τ - тривалість зберігання, діб.

Середньоквадратичне відхилення СКВ складає $R^2 = 0,97$.

Обробка кривої гігроскопічності (рис.15) дозволила отримати графік змін вологості від часу (рис.16). При цьому встановлено, що швидкість поглинання вологи спадає з часом за степеневу залежністю і описується рівнянням:

$$\frac{dW}{d\tau} = 0,6239\tau^{-1,04887}, \quad (5)$$

СКВ складає $R^2 = 0,9645$.

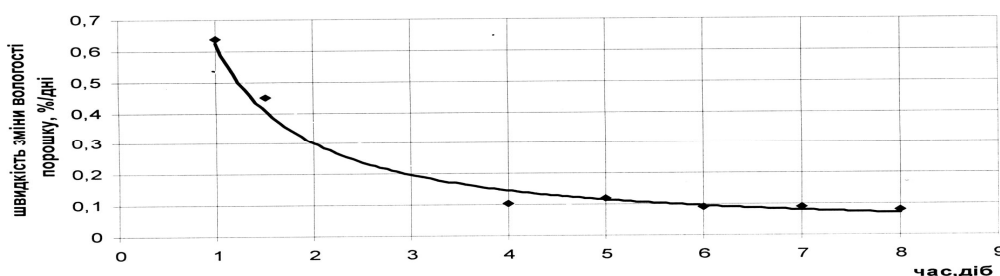
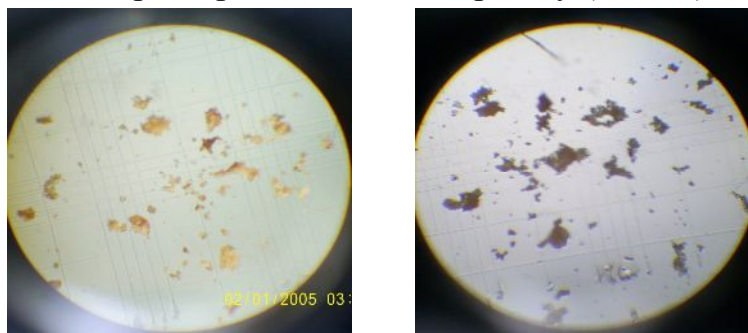


Рис. 16. Залежність зміни вологості від часу

За зовнішнім виглядом колір порошку з яблучних вичавок змінився від світло-коричневого до темно-коричневого і візуально по мікрофотографіям видно збільшення розмірів частинок порошку (Рис.17) на другу і шосту добу.



Насипну масу визначали згідно ГОСТ 7861-74.

Даний показник необхідний при розрахунках потреби в тарі, складських площах, транспортних засобах. Насипна маса сухих яблучних вичавок становить $228,5 \text{ кг/м}^3$ і $614,7 \text{ кг/м}^3$ порошку з яблучних вичавок.

Рис.17. Зміна зовнішнього вигляду порошку з яблучних вичавок в процесі зберігання

В п'ятому розділі показано вплив порошку з яблучних вичавок на якість хліба з обойного пшеничного борошна.

В наших дослідях для визначення впливу порошку з яблучних вичавок на якість виробу хлібця „Кам'янецький” проведені лабораторні випічки з контролем кислотності тіста, визначення пористості м'якушки хліба та органолептичних показників. Наведено розрахунок пофазної і виробничої рецептури приготування тіста. Згідно проведених дослідів за фізико-хімічними та органолептичними показниками найбільш оптимальним слід вважати дозування порошку з яблучних вичавок у кількості 5%.

Розроблена технологія хлібця „Кам'янецький” з додаванням порошку яблучних вичавок; апаратурно-технологічна схема виробництва наведена на рис. 18.

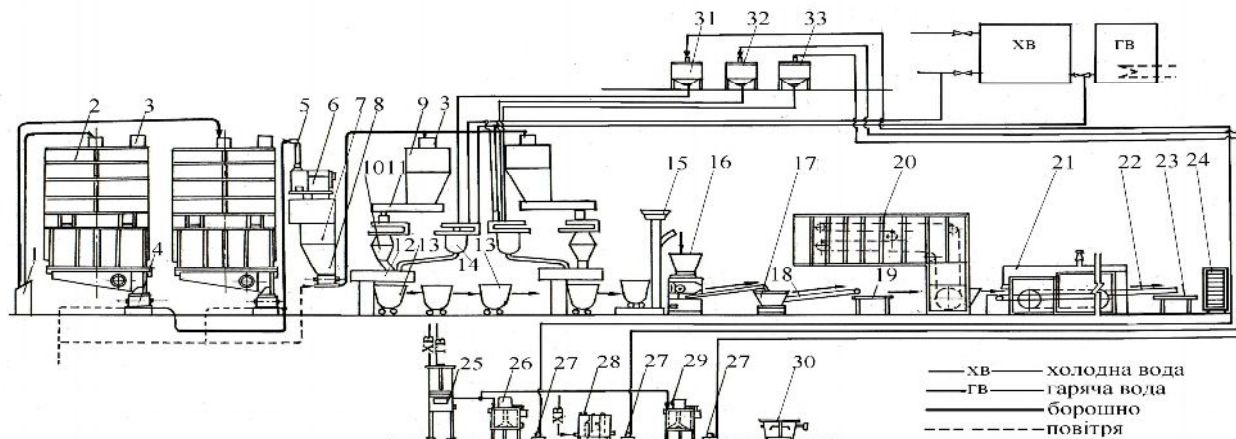


Рис.18. Апаратурно-технологічна схема виробництва хлібця „Кам'янецький”:

1 – приймальний щиток; 2 – бункер М-111; 3 – фільтр; 4 – живильник М-122; 5 – циклон-розвантажувач РЦ; 6 – просіювач РЗ-ХМП; 7 – ваги АВ-НК; 8, 9 – виробничі бункери ХЕ-112; 10 – дозатор борошна Ш2-ХД2А; 11 – шнек; 12 – тістомісильна машина А2-ХТБ; 13 – діжа Т1-ХТ2Д; 14 – дозатор борошна Ш2-ХДА; 15 – діжеперекидач – А2-ХПД1; 16 – тістоділильник А2-ХТН; 17 – тістоокруглювач Т1-ХТН; 18, 22 – стрічковий транспортер; 19, 23 – стіл; 20 – шафа остаточного вистоювання Т1-ХР-2А-72; 21 – електрична піч Ш2-ХПА-16; 24 – контейнери Ш25-ХТА; 25 – водомірний бачок АВБ-100 М; 26 – дріжджомішалка – Х-14; 27 – відцентровий насос; 28 – солерозчинник ХСР-3/2; 29 – цукрожиророзчинник А2-ХРЦ; 30 – просіювач РЗ-ПМП; 31,32,33 – збірники.

Існує ряд технологій, за якими яблучні вичавки переробляють на різноманітні продукти, але нескладних, ресурсозберігаючих технологій недостатньо.

Розроблені нові продукти на основі відходів консервного і молочного виробництв, а саме яблучних вичавок і сирної сироватки: напій „Студентський” і „Повидло з яблучних вичавок”, апаратурно-технологічна схема виробництва яких представлена на рис. 19.

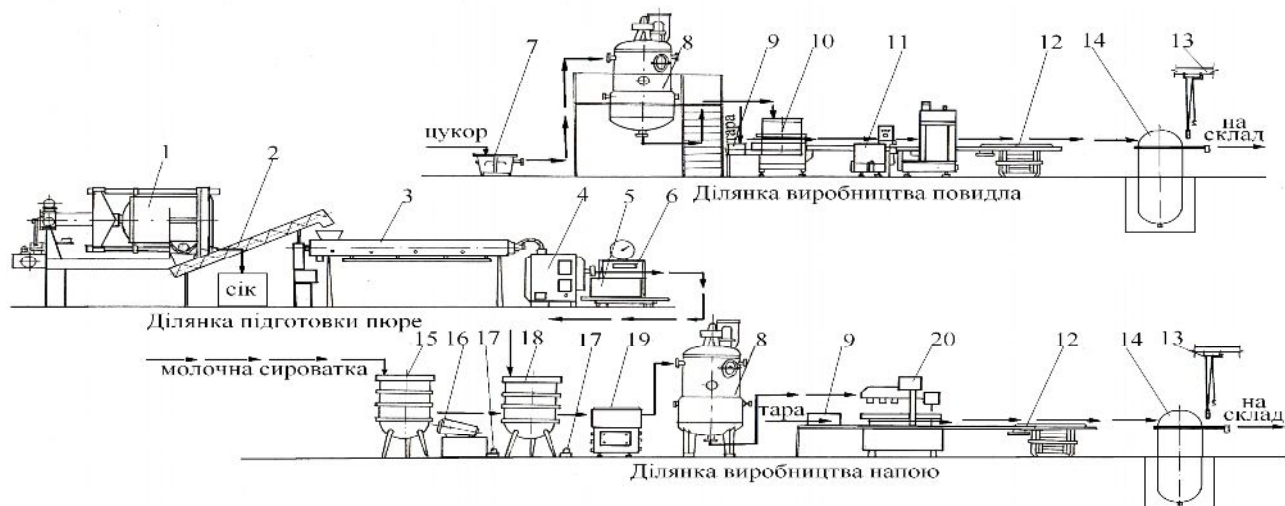


Рис.19. Апаратурно-технологічна схема виробництва консервів: „Повидло з яблучних вичавок” і „Напій студентський”: 1 – кошиковий гідравлічний прес „Бухер НР”; 2 – шнековий конвеєр; 3 – шнековий опарювач РЗ-КША; 4 – двохступінчаста протиральна машина Т1-КП2Д; 5 – збірник; 6 – терези циферблатні платформенні пересувні ричанні РП-2Ц13Б; 7 – вібросито РЗ-ПМП; 8 – вакуум-випарний апарат МЗС-320; 9 – світловий екран; 10 - наповнювач ДН-3; 11 – укупорювальний автомат Б4-КУТ-1; 12 – пристрій для завантаження автоклавних сіток АД-КР2-Г; 13 – електротельфер; 14 – автоклав Б6-КА2-В2; 15 – сироповарильний апарат LL-50; 16 – фільтр КС-4; 17 – відцентровий насос Г2-ОПА; 18 – збірник-змішувач LL-51; 19 – гомогенізатор А1-ОГМ-2,5; 20 – машина фасувально-укупорювальна Б2-ОРУ-3.

При комплексній переробці вичавок процес отримання пюре є спільним для повидла і напою. Технологічний процес переробки яблучних вичавок на повидло розпочинається відразу після вилучення вичавок із кошикового гідравлічного пресу „Бухер-НР”. Безперервність процесу попереджає окиснення і мікробіологічне псування вичавок.

Проведено дослідження тривалості і температури розварювання вичавок на вихід пюре і збереження вітаміну С. Встановлено, що оптимальними є температура 130-132°C і тривалість процесу 3-4 хвилини.

Повидло із яблучних вичавок практично не відрізняється від повидла із свіжих яблук, має таку ж консистенцію, колір і аромат. Вміст пектину становить 3,7-4,2%, вітаміну С - 6,5 мг/100г.

Наведені результати використання яблучних вичавок силосованих і консервованих сіллю при відгодівлі сільськогосподарських тварин (ВРХ)

З метою забезпечення стійкого росту виробництва тваринницької продукції необхідно мати у достатній кількості якісні і повноцінні за поживністю корми.

Тому для тривалого зберігання і кращого використання відходів консервної промисловості нами розроблена методика і запропонований спосіб консервування яблучних вичавок з використанням харчової солі. Використання кухонної солі є ефективним і зручним способом збагачення кормів мінеральними елементами. Внесення в яблучні вичавки 10-12% солі пригнічує інфікуючу мікрофлору, а хімічний склад вторинної сировини залишається практично без змін. Метод консервування яблучних вичавок цим методом є екологічно чистим, що є досить важливо на сьогоднішній день.

Розрахунок і оцінка економічної ефективності комплексної переробки яблучних вичавок з отриманням додаткової продукції проводився по кожному елементу матеріального виробництва. Сума річного економічного ефекту складе 1434,33 тис.грн., середній рівень рентабельності становитиме 17,4%.

Продукція користуватиметься попитом не тільки через її харчову цінність, але й через низькі ціни і доступність для всіх верств населення.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано і експериментально доведено, що терморадіаційне сушіння покращує якісні показники продукту у порівнянні з іншими видами сушіння.

2. Встановлено, що сушіння яблучних вичавок має два періоди: постійної і падаючої швидкості. Тривалість сушіння залежить від величини опромінення і початкового вологовмісту яблучних вичавок. Визначено, що оптимальним є опромінення $E = 3660 \text{ Вт} / \text{м}^2$ при товщині шару матеріалу 10 мм.

3. Виконано розрахунок кінетики сушіння яблучних вичавок, узагальнені криві кінетики сушіння і нагріву. За отриманими рівняннями розрахована оптимальна тривалість сушіння. Встановлено, що при сушінні зі змінними режимами доцільний метод розрахунку тривалості процесу з використанням інваріантної величини $(E \cdot \tau) W^c$.

4. Розроблено нову конструкцію напівпромислової сушарки з використанням екологічно чистого джерела енергії – інфрачервоного проміння. Встановлено, що для сушіння яблучних вичавок доцільно використовувати „темні” генератори випромінювання ($\lambda = 2,5 - 4 \text{ мкм}$).

5. Розроблено спосіб виробництва сухих яблучних вичавок (патент на корисну модель України № 48642 від 25.03.2010р.)

6. Запропоновано дезінтеграторну технологію отримання порошку із сухих яблучних вичавок. Визначені властивості порошку з яблучних вичавок, запропоновані напрямки його технологічного використання та умови зберігання.

7. Запропоновано безвідходну технологію переробки яблук з використанням свіжих яблучних вичавок. Розроблені технології і рецептури продуктів з яблучних вичавок (патенти на винаходи України: ПАТ. 70740 від 15.10.2004р. і ПАТ. 70733 від 15.10.2004р.)

8. Розроблено нормативно-технічну документацію на нові види продукції: напій „Студентський”, повидло з яблучних вичавок, хлібець „Кам’янецький”.

9. Доведена доцільність використання свіжих яблучних вичавок силосованих і консервованих сіллю для відгодівлі сільськогосподарських тварин. Отриманий рівень рентабельності при відгодівлі 24,6%.

10. Результати дисертаційної роботи пройшли теоретичну і практичну апробацію на Кам'янець-Подільському ВАТ «АДАМС» і Кам'янець-Подільському комбінаті хлібопродуктів. Сума річного економічного ефекту складе 1434,33 тис. грн., середній рівень рентабельності становитиме 17,4%.

Перелік опублікованих праць за темою дисертації

Статті:

1. Веселовська Т.Є. Дослідження процесів зберігання яблучних вичавок / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Л.О. Косоголова // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. – К.: УДУХТ, 2001. - №10. - С. 140.

Особистий внесок дисертанта: участь в експериментальному дослідженні зміни показників якості вичавок в процесі зберігання, узагальненні і підготовці матеріалів до публікації.

2. Веселовська Т.Є. Спосіб зберігання яблучних вичавок / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Л.О. Косоголова // Наукові праці національного університету харчових технологій. – К.: НУХТ, 2002.- №12. - С. 86.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, участь в експериментальних дослідженнях: дослідження зміни показників якості вичавок в процесі зберігання, узагальненні і підготовці матеріалів до публікації.

3. Веселовська Т.Є. Із зниженим вмістом цукру / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Л.О. Косоголова // Харчова і переробна промисловість: науково-виробничий журнал. – К.: 2003. - №12. - С. 23-24.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, проведення хімічних досліджень, розробка рецептури напою, участь в обговоренні, узагальненні та підготовці матеріалів до публікації.

4. Яхіїв А.М. Використання яблучних вичавок, силосованих і консервованих сіллю, при відгодівлі бичків / А.М. Яхіїв, В.І. Гончар, Т.Є. Веселовська, М.М. Смачелюк // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський, 2004. – №12. - С. 169-172.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, участь в плануванні і проведенні експериментальних досліджень, узагальненні результатів і підготовці матеріалів до публікації.

5. Веселовська, Т.Є. Дослідження кінетики інфрачервоного сушіння яблучних вичавок / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Ю.П. Луцик, Л.О. Косоголова, Б.І.Вербицький // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. праць / Одеська нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2006. - вип. 28, том 2. – С. 79-81.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, участь в експериментальних дослідженнях, обговоренні та узагальненні результатів експериментів і підготовці матеріалів до публікації.

6. Малежик, І.Ф. Дослідження кінетики процесу інфрачервоного сушіння і зберігання порошку яблучних вичавок / І.Ф. Малежик, І.В. Дубковецький, Т.Є. Веселовська, Ю.П. Луцик // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. праць / Одеська нац. акад. харч. технологій. – Одеса. 2007. - вип. 31, том 2 – С. 67-72.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, участь в експериментальних дослідженнях, обговоренні та узагальненні результатів експериментів і підготовці матеріалів до публікації.

7. Дубковецький, І.В. Закономірності кінетики процесу терморадіаційного сушіння яблучних вичавок / І.В. Дубковецький, Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Ю.П. Луцик // Наук. пр. національного університету харчових технологій. – К.: НУХТ, 2007. - №22. - С. 58-60.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд, участь в експериментальних дослідженнях, обговоренні та узагальненні результатів експериментів і підготовці матеріалів до публікації.

8. Малежик, І.Ф. Розробка сушарки з терморадіаційним енергопідведенням / І.Ф. Малежик, І.В. Дубковецький, Т.Є. Веселовська // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. праць / Одеська нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2008. - вип. 32 – С. 279-282.

Особистий внесок дисертанта: літературний огляд джерел, участь в роботі і дослідженні сушарки, узагальненні результатів досліджень і підготовці матеріалів до публікації.

Тези наукових конференцій:

9. Веселовська Т.Є. Виробництво напою „Студентський” з використанням яблучних вичавок / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Л.О. Косоголова // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції „Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України”, дод. до журналу №3 - К.: НУХТ, 2004. - С. 109.

Особистий внесок дисертанта: здобувач запропонувала і розробила технологію приготування напою з використанням яблучних вичавок, провела лабораторні дослідження, здійснила підготовку матеріалів до публікації.

10. Веселовська Т.Є. Дослідження комбінованого способу сушіння яблучних вичавок / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик, Л.О. Косоголова, В.Є. Носенко // Матеріали ІХ міжнародної науково-технічної конференції „Нові технології та технологічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи”. Ч. II - К.: НУХТ, 2005. - С. 140.

Особистий внесок дисертанта: участь в експериментальних дослідженнях, узагальненні і підготовці матеріалів до публікації.

11. Веселовська Т.Є. Розробка технології „Повидла із яблучних вичавок” / Т.Є. Веселовська, І.Ф. Малежик // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції „Нові ресурсо- та енергозберігаючі технології харчових виробництв”, (1-2 березня 2007р.) – Полтава: РВЦ ПУСКУ, 2007. - С. 36-38.

Особистий внесок дисертанта: здобувач запропонувала і розробила технологію приготування повидла з яблучних вичавок, реалізувала її в ході експерименту, провела лабораторні дослідження зміни вмісту вітаміну С в сировині і готовій продукції, здійснила підготовку матеріалів до публікації.

12. Дубковецький І.В. Закономірності кінетики процесу терморадіаційного сушіння яблучних вичавок. / І.В. Дубковецький, І.Ф. Малежик, Ю.П. Луцик, Т.Є. Веселовська // Матеріали 73-ї наукової конференції молодих учених, аспіран-

тів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті” - К.: НУХТ, 2007. - С. 147.

Особистий внесок дисертанта: участь в обговоренні та узагальненні результатів експериментів і підготовці матеріалів до публікації.

Патенти:

13. ПАТ. 70740. Україна, МПК 7 A23C21/00 Напій „Студентський” / Веселовська Т.Є., Малежик І.Ф., Косоголова Л.О. - № 20031212472; заявл. 25.12.2003; опубл. 15.10.2004, Бюл.№10.

Особистий внесок дисертанта: участь в патентному пошуку, розробці рецептури напою, участь у підготовці матеріалів до винаходу.

14. ПАТ. 70733. Україна, МПК 7 A23L2/00 Спосіб приготування напою / Веселовська Т.Є., Малежик І.Ф., Косоголова Л.О. - № 20031212472; заявл. 25.12.2003; опубл. 15.10.2004, Бюл.№10.

Особистий внесок дисертанта: участь в патентному пошуку, розробці технології приготування напою, участь у підготовці матеріалів до винаходу.

15. ПАТ. 48642. Україна, МПК(2009)A23B 7/02 Спосіб виробництва сухих яблучних вичавок / Малежик І.Ф., Дубковецький І.В., Веселовська Т.Є. - № 200910629; заявл. 21.10.2009; опубл.25.03.2010, Бюл.№6.

Особистий внесок дисертанта: участь в патентному пошуку, розробці способу виробництва сухих яблучних вичавок, участь у підготовці матеріалів до винаходу.

Анотація

Веселовська Т.Є. Інтенсифікація сушіння яблучних вичавок та удосконалення процесів їх промислового використання: – 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, 2010.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню фізико-хімічних властивостей та структурних особливостей яблучних вичавок як об'єкту сушіння, експериментальному дослідженню кінетики процесу сушіння яблучних вичавок при терморадіаційному енергопідведенні, розробленню найбільш ефективної конструкції ІЧ-сушарки.

За результатами експериментальних досліджень встановлені оптимальні параметри сушіння яблучних вичавок при терморадіаційному енергопідведенні ($E=3660 \text{ Вт/м}^2$; $\tau=35 \text{ хв.}$), які інтенсифікують процес, збільшуючи обсяги переробки вторинної сировини та знижуючи енергозатрати.

Розроблені: спосіб виробництва сухих яблучних вичавок; технологія виготовлення хліба з додаванням порошку яблучних вичавок; технології виготовлення різних консервів з яблучних вичавок. Досліджені можливості використання яблучних вичавок, консервованих сіллю, при відгодівлі сільськогосподарських тварин.

Ключові слова: яблучні вичавки, інфрачервоне випромінювання, вологовміст, сушарка з терморадіаційним енергопідведенням, інтенсифікація, порошок з яблучних вичавок.

Аннотация

Веселовская Т.Е. Интенсификация сушки яблочных выжимок и усовершенствование процессов их промышленного использования: - 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, 2010.

Диссертация посвящена исследованию физико-химических свойств и структурных особенностей яблочных выжимок как объекта сушки; экспериментальному исследованию кинетики процесса сушки яблочных выжимок при терморadiационном энергоподводе, разработке наиболее эффективной конструкции ИК-сушилки.

Проведенный анализ научно-технической литературы по сушке показал особенности существующих методов сушки вторичного растительного сырья, проблемы сушильного оборудования. Инфракрасные лучи имеют более сильное влияние на пищевые продукты в результате высокой проникающей способности. Технология инфракрасной сушки позволяет полностью использовать подведенную к продукту энергию, лучи активно поглощаются водой продукта, но не поглощаются тканями, поэтому высушивание возможно при температуре 40-60°C. В процессе инфракрасной сушки проходит стерилизация продукта, обезвреживание микроорганизмов и их спор. В то же время инфракрасные лучи безопасны для окружающей среды и человека.

Исследованы и определены основные тепломасообменные характеристики сушки яблочных выжимок ИК-лучами, установлены рациональные режимы процесса. При двухстороннем энергоподводе и облучении $E=3660\text{Вт/м}^2$ продолжительность сушки слоя выжимок толщиной 10 мм – 35 минут. Установленный оптимальный режим сушки обеспечивает высокое качество высушивания выжимок при минимальной продолжительности процесса и сокращении потребления электроэнергии.

Выведены уравнения для расчета кинетики терморadiационной сушки яблочных выжимок при разных величинах облучения, которые в дальнейшем могут быть базовыми для определения режимов сушки растительного сырья. При изменении режимов сушки целесообразный метод с использованием инвариантной величины $(E \cdot \tau)w^c$. Совпадение продолжительности сушки по опытным данным 35 мин., а по расчету 35,52 мин.

Разработана конструкция полупромышленной сушилки с терморadiационным энергоподводом, определены основные технологические, тепловые, кинематические, энергетические и конструктивные параметры. Предложен способ получения сухих яблочных выжимок (ПАТ. 48642. Украина от 25.03.2010) и использована дезинтеграторная технология получения порошка из высушенных выжимок.

В результате исследований установлены основные свойства порошка из яблочных выжимок, условия его хранения.

Обоснована целесообразность переработки и использования яблочных выжимок, как вторичного сырья, для расширения сырьевой базы, для обогащения пищевых продуктов ценными компонентами. Предложена безотходная технология переработки свежих яблочных выжимок для производства повидла, напитка (пате-

нты Украины: ПАТ. 70740 от 15.10.2004г. и ПАТ. 70733 от 15.10.2004г.), разработаны технологии, рецептуры, нормативно-техническая документация.

Проведены исследования влияния порошка из яблочных выжимок на качество хлеба из обойной муки, определена оптимальная дозировка яблочного порошка - 5%. Даная добавка обогащает хлеб ценными компонентами, улучшает физико-химические и органолептические показатели. Разработана технология и рецептура хлеба "Кам'янецький"

Установлена целесообразность использования свежих яблочных выжимок силосованных и консервированных солью в рационе для откорма сельскохозяйственных животных, что способствует эффективному использованию кормов в сельском хозяйстве. Уровень рентабельности при откорме - 24%. Результаты исследований прошли производственные испытания на Каменец-Подольском ВАТ"АДАМС" и Каменец-Подольском комбинате хлебопродуктов. Сумма годового экономического эффекта составит 1434,33 тыс. грн., средний уровень рентабельности - 17,4%

Ключевые слова: яблочные выжимки, инфракрасное излучение, влагосодержание, терморрадиационная сушилка, интенсификация, порошок из яблочных выжимок.

ANNOTATION

T.E. Veselovska. Intensification of apple pomace drying and improvement of its industrial application processes:- Manuscript.

Thesis to pursue a scientific degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.18.12 – processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical productions. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2010.

The thesis is dedicated to the study of physical and chemical properties and structural peculiarities of apple pomace as a drying subject, to experimental research of kinetic properties of apple pomace drying with electric radiant heating, and to develop the most efficient design of IR-dryer.

Based on the results of experimental research, the most effective parameters of pomace drying with electric radiant heating were established ($E=3660 \text{ W/m}^2$; $\tau = 35$ minutes) that intensify the process, resulting in higher amounts of processed secondary raw materials and lower power consumption.

The following aspects were developed: production method of dried apple pomace; bread production method with addition of dried apple pomace powder; methods of production of various preserved foodstuffs containing apple pomace. The possibilities to use salt-preserved apple pomace in livestock feeding were studied.

Key words: pomace, infrared radiation, moisture content, intensification, apple pomace powder, radiant heating oven.