

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**МАЯК ОЛЬГА АНАТОЛІЇВНА**

УДК 001.8:[663.002:5:663.82]

**УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ  
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПАСТОПОДІБНИХ КОНЦЕНТРАТІВ НАПОЇВ  
НА ОСНОВІ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних  
та фармацевтичних виробництв

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України

**Черевко Олександр Іванович,**

Харківський державний університет харчування та торгівлі,  
завідувач кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових  
виробництв, ректор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

**Шапоров Валерій Павлович**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний  
інститут»,  
професор кафедри хімічної техніки і промислової екології

кандидат технічних наук, доцент

**Зав'ялов Володимир Леонідович**

Національний університет харчових технологій,  
доцент кафедри процесів і апаратів харчових виробництв  
та технології консервування

Захист відбудеться «23» жовтня 2008 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий «22» вересня 2008 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

А.А. Дубініна

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Виробництво продуктів харчування належить до найбільш енергоємних технологічних процесів із підвищеними вимогами до якості кінцевого продукту. У переробних галузях АПК втрачається до 40% сировини, спостерігається тенденція постійного зростання енергетичної складової в собівартості продуктів харчування. Розрахунок устаткування здійснюється за застарілими методиками, які не враховують реологічних характеристик продукту, що переробляється. Воно має підвищену металоємність та зайвий запас потужності, що істотно відбивається на собівартості продукції. З огляду на подібні чинники, гостро постають проблеми створення нового та удосконалення існуючого устаткування, яке буде сприяти скороченню енергоспоживання у поєднанні із збереженням сировинних ресурсів, упровадження сучасних технологій з переробки харчової сировини. Слід зазначити, що один із перспективних напрямків в удосконаленні процесів переробки як за кордоном, так і в Україні – це створення апаратів з активними гідродинамічними характеристиками, у яких досягається значна інтенсифікація процесів тепло- і масообміну.

Одним із напрямків подальшого розвитку харчової промисловості є розширення асортименту плодоовочевої продукції з використанням сировинної бази країни. Особливий інтерес становить виробництво овочевих напоїв, тому що напої відіграють важливу роль у харчуванні людини, частка їх споживання складає близько 1,5 літра на добу, а асортимент зводиться, в основному, до морквяного і томатного соків різних фірм-виробників. На наш погляд, актуальним є використання для виробництва овочевих напоїв моркви, гарбуза і буряку, бо ця сировина багата вітамінами та мікроелементами, а використання цих овочів у консервній промисловості обмежене. Найбільш перспективним напрямком переробки плодоовочевої сировини, на нашу думку, є виробництво концентрованих високов'язких продуктів, а саме – пастоподібних концентратів напоїв (ПКН), тому що у даний час до 75% від загальної маси концентратів для напоїв надходять в Україну за імпортом.

Дослідження вітчизняних і закордонних авторів із питань отримання пастоподібних продуктів із плодоовочевої сировини показали, що поширений спосіб виробництва таких продуктів – концентрування в різних апаратах. Найбільш перспективними є апарати, що працюють під вакуумом, які за рахунок зниження температури кипіння продукту під час уварювання дають можливість зберегти біологічно активні речовини, що містяться в рослинній сировині. Для інтенсифікації вказаних теплообмінних процесів використовується механічне перемішування. Проте відсутність наукових розробок, що комплексно враховують особливості деформаційних процесів в овочевій сировині під час підведення зовнішніх механічних дій, не дозволяє обґрунтувати оптимальні режими роботи устаткування – тривалість процесу, частоту обертання мішалки, її основні конструктивні елементи.

Таким чином, удосконалення процесів та апарата для виробництва ПКН є актуальним.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася відповідно до тематичних планів наукових досліджень кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв ХДУХТ у рамках держбюджетної теми №7-01-05Б (0104U002573) «Інтенсифікація процесів переробки харчової сировини». Крім того, робота тематично пов'язана з загальнодержавною міжгалузєвою комплексною програмою України «Здоров'я нації 2002-2011 рр.»

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи – удосконалення апарата для виробництва ПКН на основі овочевої сировини шляхом інтенсифікації гідромеханічних та теплообмінних характеристик.

Для досягнення основної мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- визначити напрямки удосконалення процесу виробництва ПКН на основі овочевої сировини;
- розробити спосіб одержання ПКН із моркви, гарбуза та буряку;
- провести дослідження реологічних характеристик ПКН, отриманих за новою технологією, а також виявити вплив на реологічні властивості ПКН технологічних параметрів (розміру часток твердої фази концентрату, вмісту сухих речовин, температури, тривалості зберігання);
- розробити конструкцію мішалки для перемішування овочевого пюре в процесі його уварювання у вакуум-випарному апараті;
- розробити теоретичну модель розрахунку витрат потужності під час перемішування ПКН розробленою скребковою мішалкою;
- оцінити ефективність та інтенсивність процесу перемішування ПКН розробленою експериментальною мішалкою;
- дослідити процес теплообміну під час уварювання ПКН у вакуум-випарному апараті з мішалкою, одержати узагальнену критеріальну залежність для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі за умов використання нової скребкової мішалки з урахуванням реологічних властивостей розробленого продукту;
- розробити нормативну документацію для виробництва ПКН на основі овочевої сировини;
- оцінити економічну і соціальну ефективність наукових розробок і здійснити заходи щодо впровадження їх у виробництво.

*Об'єктом дослідження* є вакуум-випарний апарат із мішалкою, гідромеханічні й теплообмінні процеси при виробництві ПКН.

*Предметом дослідження* є ПКН на основі овочевої сировини, отримані за новою технологією.

*Методи дослідження:* методики з дослідження реологічних властивостей та визначення хімічного складу харчових продуктів; методики з вивчення процесів перемішування високов'язких неньютонівських матеріалів; теорія подібності та метод аналізу розмірностей; методи математичної та комп'ютерної обробки експериментальних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

- встановлено закономірності впливу технологічних параметрів на реологічні характеристики ПКН, отримано рівняння для їх розрахунку;
- встановлено наявність тиксотропних властивостей ПКН;

– науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання розробленої скребкової мішалки для інтенсифікації гідромеханічних і теплообмінних процесів під час виробництва ПКН;

– розроблено теоретичну модель розрахунку витрат потужності під час перемішування ПКН запропонованою скребковою мішалкою;

– отримано узагальнене критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі за умов використання нової скребкової мішалки під час уварювання ПКН під вакуумом з урахуванням реологічних властивостей розробленого продукту.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в:

– розробці способу виробництва ПКН на основі овочевої сировини;

– визначенні раціональних технологічних параметрів виробництва ПКН у промислових умовах;

– розробці конструкції скребкової мішалки для інтенсифікації процесу перемішування і теплообміну в умовах кипіння ПКН у вакуум-випарному апараті;

– визначенні основних показників якості ПКН та вимог до умов їх зберігання;

– розробці нормативної документації на виробництво ПКН на основі овочевої сировини (ТУ У 15.3-01566330-156-2004 “Пастоподібні концентрати напоїв на основі плодоовочевої сировини”).

*Реалізація роботи.* Результати роботи впроваджені на ВАТ «Московський» (Куп’янський р-н, с. Грушівка, акт від 06.06.2004 р.), ВАТ «Пивзавод «Рогань» (м. Харків, акт від 14.03.2006 р.).

На запропоновані технічні рішення отримано три деклараційних патенти на винаходи України.

**Особистий внесок здобувача** полягає в аналізі стану проблеми, розробці програми дослідження, організації, проведенні та узагальненні аналітичних та експериментальних робіт, аналізі та обробці одержаних даних, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікації та складанні заявок на винаходи, розробці нормативної та технологічної документації, проведенні заходів з впровадження результатів дослідження у виробництво та навчальний процес.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи були викладені, обговорювалися і схвалені на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу та науковому семінарі з фундаментальних досліджень (Харків, ХДУХТ, 2003-2008 рр.); науково-практичній конференції «Молода наука Харківщини» (Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми техніки і технології харчових виробництв» (Полтава, ПУСКУ, 2004 р.); міжвузівському науковому семінарі «Нові технології і обладнання харчових виробництв» (Полтава, ПУСКУ, 2004 р.). Зразки наукових розробок демонструвалися на наступних виставках: виставці нової продукції в рамках форуму „Наука Харківщини – виробництву” (НТУ «ХП», 2004 р.); міжнародній виставці-ярмарку «Харківщина індустріальна. Наука та виробництво» (НТУ «ХП», 2005 р.); виставці-презентації Харківської області в рамках загальнодержавної виставкової акції «Барвіста Україна» в Національному комплексі «Експоцентр України» (Київ, 2005 р.); виставці-дегустації спільно з підприємством «Наша марка» (ХДУХТ, 2007 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 17 наукових праць, у тому числі: 7 статей, серед яких 6 у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України, 3 деклараційних патенти України на винаходи, 7 тез доповідей на конференціях.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, 6 додатків, списку використаних джерел, що включає 164 найменування. Робота викладена на 158 сторінках, містить 28 рисунків, 20 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

**У першому розділі** «Аналіз процесів виробництва концентратів для безалкогольних напоїв на основі рослинної сировини» подано огляд процесів та обладнання для виробництва концентратів для безалкогольних напоїв. Установлено, що існуючі способи виробництва концентратів для безалкогольних напоїв не дозволяють одержати кінцевий продукт, у якому збережені біологічно активні речовини, що є у вихідній сировині, а самі процеси і переробне обладнання не є досить ефективними і характеризуються значними енерго- і матеріаловитратами. Усунення недоліків існуючих технологій виробництва можна досягти шляхом удосконалення процесів переробки овочевої сировини, впровадження нових способів одержання пастоподібних концентратів напоїв із гарбуза, моркви та буряку, що характеризуються м'якими температурними режимами обробки (не вище 55°C), створення апаратів, у яких досягається значна інтенсифікація процесів тепло- і масообміну. Визначено необхідність створення конструкцій мішалок, що дозволять інтенсифікувати процес перемішування в'язкого продукту, виключать можливість налипання продукту на стінки апарата, чим будуть сприяти поліпшенню теплообміну між стінкою апарата, що гріє, і масою продукту. Крім того, з метою удосконалення процесів виробництва ПКН, наукового обґрунтування параметрів концентрату (розміру часток дисперсної фази, вмісту сухих речовин у кінцевому продукті) запропоновано вивчити реологічні властивості отриманого продукту.

**У другому розділі** «Об'єкти, методи досліджень та експериментальні установки» наведено стислу характеристику об'єктів, методів досліджень реологічних, гідромеханічних, теплообмінних, фізико-хімічних показників.

Для дослідження гідромеханічних та теплообмінних характеристик розроблено експериментальну установку, описано принцип її роботи.

Реологічні характеристики продукту визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2», мікробіологічні та фізико-хімічні – за стандартними методиками.

Обробку отриманих результатів проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням пакета MathCAD.

**У третьому розділі** «Дослідження реологічних властивостей пастоподібних концентратів напоїв» наведено модельний спосіб одержання ПКН, який включає проведення наступних технологічних етапів: отримання гомогенного овочевого

пюре; уварювання пюре під вакуумом; приготування купажної суміші (овочево пюре, цукровий пісок, пряно-ароматичні компоненти); уварювання купажної суміші; фасування; пакування, маркування.

З метою удосконалення процесів виробництва розробленого ПКН, наукового обґрунтування технологічних параметрів (розміру часток дисперсної фази концентрату, вмісту сухих речовин у кінцевому продукті), дослідження впливу температури переробки, а також тривалості зберігання ПКН були проведені дослідження з вивчення реологічних властивостей отриманого продукту. Одержано криві течії та повні реологічні криві ПКН (рис. 1, 2), аналіз яких дозволив зробити висновки, що розроблені продукти, за класифікацією П.А. Ребіндера, належать до твердоподібних неідеальнопластичних неньютонівських рідин, що мають граничну напругу зсуву, а їх течія внаслідок деформації описується рівнянням Гершеля-Балклі:

$$\sigma = \sigma_0 + B_0^* \gamma^n, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – напруга зсуву, Па;  $\sigma_0$  – гранична напруга зсуву, Па;  $k$  – коефіцієнт консистенції;  $\gamma$  – швидкість зсуву,  $s^{-1}$ ;  $n$  – індекс течії.

Для характеристики реологічних властивостей ПКН були обрані наступні параметри: гранична напруга зсуву  $\sigma_0$ , динамічна напруга зсуву  $\sigma_\partial$ , ефективна в'язкість за одиничної швидкості зсуву  $B_0^*$  (характеризують міцнісні властивості системи), пластична в'язкість  $\eta_{пл}$ , темп руйнування структури  $m$  (характеризують стійкість просторової структурної сітки продукту).

Рис. 1. Крива течії ПКН: 1 – «Гарбузовий»;  
2 – «Морквяний»; 3 – «Буряковий»

Рис. 2. Повна реологічна крива ПКН: 1 –  
«Гарбузовий»; 2 – «Морквяний»;  
3 – «Буряковий»

Аналіз отриманих даних дозволив зробити висновок про те, що за своїми реологічними характеристиками ПКН із гарбуза, буряку і моркви розрізняються незначно. Це підтверджує теорію Ребіндера, що реологічні властивості та консистенція речовин визначаються окрім хімічного складу типом структури. Це полегшує застосування результатів експериментів у розрахунковій практиці.

Для направленою регулювання властивостей продукту в процесі виробництва було вивчено вплив технологічних параметрів (розміру частинок,

концентрації, температури уварювання, тривалості зберігання) на реологічні властивості отриманих концентратів. Результати надано на рис. 3-6.

Установлено, що зменшення розміру частинок дисперсної фази менше  $0,1 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 3) призводить до збільшення контактів частинок, при цьому росте сила їх взаємодії, що призводить до зростання таких характеристик, як гранична напруга зсуву, динамічна межа текучості, ефективна в'язкість за одиничної швидкості зсуву.

Із збільшенням розміру частинок від 0,1 до  $0,4 \cdot 10^{-3}$  м спостерігається зниження міцнісних характеристик ПКН. Отже, під час вибору раціонального розміру частинок овочевого пюре для отримання більш твердоподібного ПКН слід вдаватися до більшого подрібнення овочевої маси. Проте, згідно з результатами досліджень, при цьому зростуть енерговитрати на переробку даного продукту. Крім того, відповідно до вимог, що ставлять до напоїв з м'якоттю, розмір частинок в ПКН не повинен перевищувати  $0,3 \cdot 10^{-3}$  м. Тому як раціональний розмір частинок ПКН прийнято  $d_y = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м, оскільки такий розмір відповідає як необхідним органолептичним показникам напоїв з м'якоттю, так і сприяє мінімізації енергетичних витрат під час подальшої переробки.

Аналіз результатів експериментів з вивчення залежності реологічних властивостей ПКН від вмісту сухих речовин (рис. 4) показав, що зі збільшенням цього параметра реологічні характеристики продукту мають тенденцію зростання, і, отже, зростає міцність системи.

Крім того, вміст у продукті залишкової вологи менше 25% перешкоджає розвитку патогенної мікрофлори, що сприяє збільшенню тривалості зберігання продукту. Проте, враховуючи, що ПКН – напівфабрикат для отримання напою, уварювання більше 75% вмісту сухих речовин не є раціональним, оскільки це сприяє збільшенню енерговитрат і

Рис. 3. Залежність реологічних характеристик ПКН «Гарбузовий» від розміру часток

цьому зростуть енерговитрати на переробку даного продукту. Крім того, відповідно до вимог, що ставлять до напоїв з м'якоттю, розмір частинок в ПКН не повинен перевищувати  $0,3 \cdot 10^{-3}$  м. Тому як раціональний розмір частинок ПКН прийнято  $d_y = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м, оскільки такий розмір відповідає як необхідним органолептичним показникам напоїв з м'якоттю, так і сприяє мінімізації енергетичних витрат під час подальшої переробки.

Рис. 4. Залежність реологічних характеристик ПКН «Гарбузовий» від вмісту сухих речовин



ускладнює подальше використання ПКН.

Внаслідок вивчення зміни реологічних параметрів ПКН залежно від температури переробки (рис. 5) встановлено, що зі збільшенням температури неньютонівський характер ПКН зберігається, оскільки спостерігається незначна зміна темпу руйнування структури.

Рис. 5. Залежність реологічних характеристик ПКН «Гарбузовий» від температури

Рис. 6. Залежність реологічних характеристик ПКН «Гарбузовий» від терміну зберігання

Проте міцнісні та пластичні властивості в дослідженому діапазоні зменшуються.

Також реологічні властивості ПКН були досліджені залежно від тривалості зберігання (рис. 6), оскільки необхідно знати, протягом якого терміну і яким чином змінюються дані властивості. Аналіз графічних залежностей, отриманих у результаті експериментів, дозволив визначити термін зберігання, протягом якого реологічні властивості системи залишаються відносно постійними – 50 тижнів.

Для апроксимації залежності реологічних характеристик ПКН від досліджених технологічних параметрів були отримані регресійні рівняння  $y(x)$ :

$$\text{для розміру часток} \quad y(d) = \alpha_1 + \alpha_2 d_c^{-0,4} + \alpha_3 d_c^{0,7} + \alpha_4 d_c^2, \quad (2)$$

$$\text{для вмісту сухих речовин} \quad y(C) = \alpha_1 + \alpha_2 C^{0,5} + \alpha_3 C^{1,5}, \quad (3)$$

$$\text{для температури} \quad y(t) = \alpha_1 + \alpha_2 t^{-1} + \alpha_3 t^{-0,9} + \alpha_4 t^{-0,5}, \quad (4)$$

$$\text{для терміну зберігання} \quad y(\tau) = \alpha_1 + \alpha_2 \tau^{0,5} + \alpha_3 \tau^2 + \alpha_4 \tau^4, \quad (5)$$

де  $y(x)$  – реологічна характеристика ( $\eta_{пл}, B_0^*, m, \sigma_0, \sigma_d$ ) залежно від  $d, C, t, \tau$ ;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – регресійні коефіцієнти залежності, що надано в табл. 1.

## Регресійні коефіцієнти залежностей (2-5)

Коефіцієнти залежності	Реологічні характеристики				
	$\eta_{пл}$ , Па·с	$B_0^*$ , Па·с	$m$	$\sigma_0$ , Па	$\sigma_\partial$ , Па
Для розміру часток ( $d$ , мм)					
$\alpha_1$	-19,53	-159,05	0,56	500,29	-226,71
$\alpha_2$	7,07	122,63	0,02	92,19	128,59
$\alpha_3$	51,11	818,96	0,14	643,35	804,81
$\alpha_4$	-69,25	-1472,08	-0,41	-2241,07	-1360,73
Для вмісту сухих речовин ( $C$ , %)					
$\alpha_1$	-14,37	588,1	-3,97	2326	3435
$\alpha_2$	2,74	-120,9	0,78	-444,3	-599,5
$\alpha_3$	-0,003	1,13	-0,0033	2,67	3,94
Для температури ( $t$ , °C)					
$\alpha_1$	-130	-1010	0,34	-3350	-5430
$\alpha_2$	$3,46 \cdot 10^4$	$3,06 \cdot 10^5$	114	$9,99 \cdot 10^5$	$2,02 \cdot 10^6$
$\alpha_3$	$-3,46 \cdot 10^4$	$-3,01 \cdot 10^5$	-109	$-9,82 \cdot 10^5$	$-1,95 \cdot 10^6$
$\alpha_4$	3300	$2,83 \cdot 10^4$	8,74	$8,89 \cdot 10^4$	$1,64 \cdot 10^5$
Для терміну зберігання ( $\tau$ , тижнів)					
$\alpha_1$	7,7	295,7	0,64	244,3	835,6
$\alpha_2$	$-3,95 \cdot 10^{-3}$	-0,75	$2,86 \cdot 10^{-4}$	-1,35	-0,46
$\alpha_3$	$-2,82 \cdot 10^{-5}$	$3,13 \cdot 10^{-3}$	$-3,75 \cdot 10^{-6}$	$7,75 \cdot 10^3$	$-6,19 \cdot 10^{-4}$
$\alpha_4$	$6,07 \cdot 10^{-8}$	$1,13 \cdot 10^{-6}$	$1,52 \cdot 10^{-9}$	$1,62 \cdot 10^{-6}$	$2,65 \cdot 10^{-6}$

Аналогічні дослідження були проведені для ПКН «Морквяний» та «Буряковий», аналіз результатів яких довів можливість використання рівнянь (2-5) для їх розрахунку.

З метою більш повного вивчення зсувних властивостей ПКН були проведені дослідження їхніх тиксотропних властивостей методом петель гістерезису.

У результаті експериментів були отримані дані, що дозволяють розрахувати коефіцієнт тиксотропності ПКН в умовах зміни температури в діапазоні 20...50° С. Встановлено, що в процесах виробництва ПКН, які протікають відносно тривалий проміжок часу, із невеликою швидкістю (транспортування ПКН по трубах) тиксотропні прояви не відіграватимуть помітної ролі. У процесах же, що відбуваються із більшою швидкістю (перемішування, фасування готового продукту), коли структура ПКН, що переробляється, зазнає значних деформацій і не встигає відновитися, необхідно враховувати її тиксотропні властивості. Крім того, результат дослідження тиксотропних властивостей підтвердив коагуляційний характер структури ПКН.

**У четвертому розділі** «Дослідження апарата для уварювання пастоподібних концентратів напоїв на основі овочевої сировини» було проведено дослідження гідромеханічних та теплообмінних процесів під час виробництва ПКН у вакуум-випарному апараті з розробленою скребковою мішалкою.

Процес уварювання овочевого пюре у вакуум-випарному апараті є важливим етапом виробництва ПКН. Для проведення цього процесу нами був запропонований удосконалений вакуум-випарний апарат (рис. 7). Особливістю експлуатації даного вакуум-випарного апарата є використання в процесі перемішування та уварювання овочевого пюре розробленої скребкової мішалки, яка була спроектована з урахуванням основ процесу перемішування в харчовій промисловості, а також реології харчових продуктів (рис. 8 а, б). Конструкція мішалки захищена деклараційним патентом України на винахід.

Розроблена мішалка виконана у вигляді верхніх і нижніх круглих каркасів 1 і 2, сполучених хрестовинами 3 і 4 та стаціонарно закріплених на валу 5. Діаметр верхніх каркасів більше нижніх, що дозволяє надати мішалці форму конусу.

Рис. 7. Вакуум-випарний апарат із розробленою скребковою мішалкою: 1 – робоча ємність; 2 – пароводяна оболонка; 3 – експериментальна мішалка; 4 – вал мішалки; 5 – кришка апарата; 6 – скребки мішалки; 7 – лопаті мішалки; 8 – люк для введення рецептурних компонентів; 9 – патрубок для подання овочевого пюре; 10 – електродвигун; 11 – редуктор; 12 – сальникове ущільнення; 13 – кран рівня; 14 – опори; 15 – електроконтактний манометр; 16 – запобіжний клапан; 17 – патрубок для подання води в оболонку, 18 – патрубок для видалення продукту

Вигляд А

а

б

Рис. 8. Конструкція розробленої скребкової мішалки (а) та вузол кріплення валиків-скребків (б)

Верхні й нижні каркаси поєднані вертикальними стрижнями 6 у кількості 16 штук (8 стрижнів поєднують зовнішні каркаси, 8 – внутрішні). Між внутрішнім і

зовнішнім стрижнями каркасів закріплені по спіралі лопаті 7, створюючи гвинтову поверхню шнека. Кількість лопатей – 8 штук, висота кожної така, що низ попередньої знаходиться на горизонтальному рівні верху наступної. Таким чином, гвинтова поверхня з лопатей покриває всю висоту мішалки.

Елементи, розташовані біля внутрішньої стінки апарата, виконано у вигляді вертикальних валиків-скребків 8 і встановлено у верхню та нижню хрестовини на кронштейнах 9 із можливістю радіального переміщення за рахунок пружинних вузлів 10. Ці вузли дозволяють під час установа міншалки в апарат притискати валики-скребки до внутрішньої поверхні робочої ємності вакуум-випарного апарата.

Інтенсивний вплив лопатей міншалки, що утворюють шнекову поверхню і скребки у вигляді обертових валиків, сприяють утворенню вихрових потоків і призводять до значного збільшення коефіцієнта тепловіддачі, вирівнювання температур і рівномірного протікання процесу випарювання.

Під час розрахунку обладнання, експлуатація якого передбачає використання перемішувачів, необхідно враховувати значення ефективної в'язкості  $\eta_{ef}$ , відповідне визначеному числу обертів міншалки  $n$ . Тому була виміряна потужність, споживана розробленою скребковою міншалкою і традиційною якірною залежно від числа обертів міншалки (рис. 9).

Рис. 9. Залежність потужності  $N$  від числа обертів міншалки  $n$ :  $\circ$  – розроблена скребкова міншалка;  $\square$  – якірна міншалка

За знайденими значеннями потужності розраховували значення ефективної в'язкості для відповідних чисел обертів міншалки з середнім діаметром  $d$ , використовуючи емпіричну залежність:

$$\eta_{ef} = \frac{N}{0,071n^2d^3}. \quad (6)$$

У результаті була отримана залежність ефективної в'язкості концентрату від числа обертів міншалки  $\eta_{ef} = f(n)$  (рис. 10), яка використовувалась під час дослідження процесу теплообміну при уварюванні ПКН, а саме – для одержання критеріального рівняння процесу. Крім того, залежність  $N = f(n)$  використовувалась під час

Рис. 10. Залежність ефективної в'язкості ПКН «Гарбузовий» від числа обертів міншалки:  $\circ$  – розроблена скребкова міншалка;  $\square$  – якірна міншалка

розробки теоретичної моделі розрахунку витрат потужності під час перемішування ПКН розробленою скребковою мішалкою.

Під час моделювання лопатей мішалки було розглянуто як основний елемент, на переміщення якого витрачається споживана потужність (рис. 11).

Було висунуто припущення, що на кожен лопатей мішалки в процесі перемішування діють дві сили – гідродинамічного опору і тертя, тому потужність, необхідну для переміщення лопатей, можна розрахувати за формулою:

$$N = \int v(dF_c + dF_{mp}), \quad (7)$$

де  $N$  – потужність, кВт;  $v$  – швидкість переміщення рідини, м/с;  $dF_c$  – сила опору на елемент площі лопатей, Н;  $dF_{mp}$  – сила тертя на елемент площі лопатей, Н

Рис. 11. Розрахункова геометрія лопатей:  $R_1$  – радіус внутрішнього каркаса мішалки;

$R_2$  – радіус зовнішнього каркаса мішалки;  $a, h$  – ширина та висота лопатей;  $dx$  – нескінченно малий елемент довжини лопатей;  $x$  – відстань від осі обертання мішалки до елемента лопатей  $dx$

Сила гідродинамічного опору дорівнює

$$dF_c = \lambda_1 \frac{\rho v^2}{2} dS. \quad (8)$$

Під час розрахунку сили тертя враховувалося, що система, яка переміщується, описується рівнянням Гершеля-Балклі:

$$dF_{mp} = (\sigma_0 + B_0 \gamma) dS. \quad (9)$$

З урахуванням того, що швидкість зсуву  $\gamma$  пропорційна частоті обертів мішалки  $n$ , рівняння (7) для розрахунку потужності приводу мішалки набуває вигляду:

$$N = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi x \left[ \lambda_1 \frac{\rho (2\pi x)^2}{2} + \sigma_0 + \lambda_2 B_0 n \right] h dx. \quad (10)$$

Інтегруючи отримане рівняння і провівши низку математичних перетворень, було отримано критеріальне рівняння для розрахунку потужності приводу розробленої скребкової мішалки:

$$Eu^* = \lambda_1 + \lambda_2 Re_1^* + Ne^*, \quad (11)$$

де  $Eu^* = N / (\rho n^3 h a R^3)$  – модифікований критерій Ейлера;  $Re_1^* = B_0 / (\rho n R^2)$  – модифікований критерій Рейнольдса;  $Ne^* = \sigma_0 / (\rho R^2 n^2)$  – модифікований критерій Ньютона;  $\lambda_1, \lambda_2$  – коефіцієнти опору.

Для виявлення рівномірності розподілу фаз у продукті, що перемішується, були проведені експерименти з оцінки ефективності процесу перемішування розробленою скребковою мішалкою (рис. 12).

Для оцінки інтенсивності процесу перемішування розробленою скребковою і якірною мішалками були розраховані числа Рейнольдса для кожного випадку

досягнення максимального технологічного ефекту перемішування (рівномірність розподілу фаз  $I \rightarrow 1$ ). Установлено, що для досягнення однакового стану системи якірна мішалка споживає вдвічі більше енергії.

Були проведені експерименти з вивчення процесу тепловіддачі у вакуум-випарному апараті з різними типами мішалок залежно від числа обертів мішалки  $\alpha = f(n)$  (рис. 13).

Рис. 12. Залежність ефективності перемішування  $I$  від тривалості процесу і числа обертів: 1 – ефективність скребкової мішалки, 2 – ефективність якірної мішалки

Рис. 13. Залежність коефіцієнта тепловіддачі від числа обертів мішалки:  $\circ$  – розроблена скребкова мішалка;  $\Delta$  – скребкова мішалка без скребків;  $\square$  – якірна мішалка

Для визначення критеріального рівняння, що описує процес теплообміну у вакуум-випарному апараті з розробленою скребковою мішалкою, використовували метод аналізу розмірностей. Згідно з  $\pi$ -теоремою, отримане рівняння теплопередачі під час перемішування рідини має такий вигляд:

$$\frac{\alpha L}{\lambda} = C \left( \frac{wL\rho}{\eta} \right)^n \left( \frac{\eta c}{\lambda} \right)^m. \quad (12)$$

Рівняння (12) являє собою відоме співвідношення між критеріями Нусельта, Рейнольдса і Прандтля.

Враховуючи, що до критеріїв Рейнольдса і Прандтля входить в'язкість, а для неньютонівських рідин ця величина не є сталою, емпіричну залежність ефективної в'язкості від числа обертів мішалки було представлено таким чином:

$$\eta = B_0 \left( \frac{n}{n_1} \right)^{-m}, \quad (13)$$

де  $B_0$  – ефективна в'язкість за частоти обертів, що дорівнює одиниці ( $n_1 = 1 \text{ c}^{-1}$ ), Па·с;  $m$  – темп руйнування структури.

Тоді критеріальне рівняння теплообміну (12) набуде такого вигляду:

$$\frac{\alpha d_M}{\lambda} = C \left( \frac{\rho n d_M^2}{B_0} \right)^n \left( \frac{c B_0}{\lambda} \right)^k \left( \frac{n}{n_1} \right)^{m(n-k)}, \quad (14)$$

$$\text{Nu} = C \left( \text{Re}_y^* \right)^n \left( \text{Pr}^* \right)^k \left( \frac{n}{n_1} \right)^{m(n-k)}, \quad (15)$$

де  $\text{Re}_y^*, \text{Pr}^*$  – модифіковані критерії Рейнольдса та Прандтля, в яких враховано змінні реологічні характеристики ПКН.

Коефіцієнти рівняння (15) знайдено з використанням стандартних процедур пакета MathCAD і воно набуває остаточного вигляду:

$$\text{Nu} = \left( \text{Re}_y^* \right)^{0,667} \left( \text{Pr}^* \right)^{0,536} \left( \frac{n}{n_1} \right)^{0,13 \ln}. \quad (16)$$

**У п'ятому розділі** «Впровадження результатів досліджень та їх економічна ефективність» було запропоновано лінію для виробництва ПКН на основі овочевої сировини. Досліджено фізико-хімічні властивості розроблених ПКН та напоїв на їх основі. Оцінено соціальний і економічний ефект практичного впровадження запропонованої лінії з удосконаленим вакуум-випарним апаратом. Зроблено розрахунок сировинної складової вартості ПКН – 9,55 грн, відповідно вартість літру напою з застосуванням ПКН – 1,2 грн. Установлено, що термін окупності цеху з випуску цієї продукції продуктивністю 30 т на місяць складає 11 місяців, що свідчить про доцільність і ефективність експлуатації даної технології. Очікуваний економічний ефект для дослідно-експериментальної лінії виробництва ПКН складе 13 тис. грн на місяць (у цінах на 01.05.2008 р.).

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз процесів виробництва концентратів для безалкогольних напоїв дозволив установити, що для усунення існуючих недоліків (низької біологічної цінності кінцевого продукту, значних енерговитрат) та розширення асортименту напоїв необхідна розробка нових процесів виробництва концентратів напоїв з використанням гарбуза, моркви, буряку. Для апаратурного оформлення процесу концентрування найбільш перспективним є використання вакуум-випарного апарата з удосконаленою конструкцією перемішувального пристрою.

2. Розроблено спосіб виробництва ПКН на основі гарбуза, моркви, буряку. Комплексне дослідження реологічних властивостей розроблених ПКН показало, що за класифікацією П.А. Ребіндера вони належать до коагуляційних неідеальнопластичних твердоподібних систем, деформація яких описується рівнянням Гершеля-Балклі.

3. Вивчено вплив технологічних параметрів (розміру частинок, концентрації сухих речовин, температури уварювання, тривалості зберігання) на реологічні властивості отриманих концентратів. Визначено оптимальний розмір частинок дисперсної фази продукту –  $0,1 \cdot 10^{-3}$  м, вміст сухих речовин у продукті – 75%. Результати експериментів узагальнено у вигляді регресійних рівнянь, які

дозволяють розрахувати і спрогнозувати зміну реологічних характеристик ПКН залежно від досліджених технологічних параметрів. Установлено наявність тиксотропних властивостей розроблених ПКН.

4. Проведено удосконалення вакуум-випарного апарата шляхом розробки нової конструкції скребкової мішалки. Встановлено, що за умов її використання порівняно з традиційною якірною мішалкою в процесі уварювання ПКН підвищується ефективність теплообмінного процесу, збільшується коефіцієнт тепловіддачі від грючої стінки апарата до продукту, на 20...50% знижуються енерговитрати.

5. Розроблено теоретичну модель розрахунку витрат потужності під час перемішування ПКН запропонованою скребковою мішалкою. Проведено оцінку ефективності й інтенсивності перемішування ПКН експериментальною скребковою мішалкою. Встановлено, що порівняно з традиційною якірною мішалкою ефективність перемішування підвищується на 20%.

6. Для розробленої скребкової мішалки отримана емпірична залежність коефіцієнта тепловіддачі від стінки вакуум-випарного апарата до продукту залежно від числа обертів мішалки, а також критеріальне рівняння для даного випадку теплообміну, яке враховує зміни реологічних характеристик неньютонівської рідини, що уварюється.

7. Розроблено комплект нормативно-технічної документації на нові харчові напівфабрикати – пастоподібні концентрати напоїв на основі гарбуза, моркви, буряку. Досліджено фізико-хімічні властивості розроблених ПКН та напоїв на їх основі. Доведено збереження поживних речовин вихідної сировини внаслідок використання запропонованого способу виробництва ПКН.

8. Проведено заходи щодо впровадження розробок у виробництво. Здійснено випуск дослідно-промислових партій ПКН на ВАТ “Московський” та ВАТ “Пивзавод “Рогань”. Оцінено соціальний та економічний ефект практичного впровадження запропонованої лінії переробки овочів у пастоподібні напівфабрикати. Проведено розрахунок сировинної вартості ПКН – 9,55 грн. Установлено, що термін окупності цеху з випуску цієї продукції продуктивністю 30 т на місяць складає 11 місяців.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Черевко О. І. Зсувні властивості пастоподібних концентратів напоїв / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – № 2 (8). – С. 12–14. (Здобувачем отримано та проаналізовано експериментальні дані з дослідження реологічних властивостей розроблених продуктів).

2. Черевко О. І. Залежність реологічних властивостей пастоподібних концентратів напоїв від технологічних параметрів / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2004. – Ч. 1. – С. 231–237. (Здобувачем досліджено вплив низки технологічних параметрів (температури, тиску переробки на характер деформації продукту).



3. Черевко О. І. Вплив діаметра частинок і вмісту сухих речовин на реограми пастоподібних концентратів напоїв / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2005. – Ч. 1. – С. 85–91. (Здобувачем експериментально виявлено вплив на реологічні властивості ПКН ступеню подрібнення овочевого пюре та концентрації сухих речовин).

4. Черевко О. І. Дослідження тиксотропних властивостей концентратів для приготування безалкогольних напоїв / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. праць / Дон. нац. ун-т екон. та торг. ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2005. – Вип. 12. – С. 195–201. (Здобувачем експериментально виявлено наявність в ПКН тиксотропних властивостей).

5. Маяк О. А. Новая технология производства концентратов для безалкогольных напитков / О. А. Маяк // Научно-прикладные аспекты технологии продуктов и организация общественного питания : сб. науч. тр. / Санкт-Петербург. торг.-эконом. ин-т. – Санкт-Петербург, 2006. – С. 84–88.

6. Черевко О. І. Конструктивні особливості та принцип дії нової скребкової мішалки / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2006. – Вип. 2 (4). – С. 224–231. (Здобувачем проведено експерименти з дослідження перемішування овочевого пюре новою скребковою мішалкою).

7. Черевко О. І. Исследование процесса теплоотдачи при производстве пастообразных концентратов напитков / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій : зб. наук. праць / Одеська нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2006. – Вип. 28. – Т. 2. – С. 94–96. (Здобувачем проведено експерименти з дослідження процесу теплообміну в вакуум-випарному апараті з новою скребковою мішалкою).

8. Пат. 70704 А Україна, МПК А23L2/00. Спосіб одержання пастоподібного концентрату для приготування безалкогольного напою / Черевко О. І., Маяк В. І., Маяк О. А. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна) – № 20031212231 ; заявл. 24.12.2003 ; опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10 – 4 с. (Здобувачем проведено патентний пошук, підготовлено заявку на видачу патенту).

9. Пат. 70703 А Україна, МПК А21С1/00. Пристрій для перемішування в'язких харчових продуктів / Черевко О. І., Маяк В. І., Маяк О. А. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна) – № 20031212230 ; заявл. 24.12.2003 ; опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10 – 4 с. (Здобувачем проведено патентний пошук, підготовлено заявку на винахід).

10. Пат. 6436 Україна, МПК А23L2/00. Спосіб одержання пастоподібного концентрату для приготування безалкогольного напою / Черевко О. І., Маяк В. І., Маяк О. А. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна) – № 20040806739 ; заявл. 11.08.2004 ; опубл. 16.05.2005, Бюл. № 5 – 4 с. (Здобувачем розроблено новий спосіб одержання пастоподібних концентратів для приготування безалкогольних напоїв на основі плодоовочевої сировини, підготовлено заявку на видачу патенту).

11. Черевко О. І. Вплив температури на структурно-механічні властивості пастоподібних концентратів напоїв / А. І. Черевко, О. А. Маяк // Проблеми техніки

і технології харчових виробництв : міжвуз. наук.-практ. конф., 8-9 квітня 2004 р. – Полтава, 2004. – С. 72–74. (Здобувачем проведено низку експериментів та отримано дані для виявлення впливу температури переробки на деформацію розроблених продуктів).

12. Черевко А. И. Разработка технологии пастообразного концентрата напитка из свеклы / А. И. Черевко, О. А. Маяк // Техника и технология пищевых производств : V Междунар. научн. конф. студентов и аспирантов, 26-27 апреля 2005 г. – Могилев, 2005. – С. 319. (Здобувачем розроблено та випробувано спосіб одержання пастоподібного концентрату на основі буряку.)

13. Маяк О. А. Удосконалення процесу виробництва пастоподібних концентратів / О. А. Маяк // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : 71 наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 17-18 квітня 2005 р. – У 2 ч. – К., 2005. – Ч. 2. – С. 45.

14. Черевко А. И. Метод расчета мощности на перемешивание неньютоновских жидкостей / А. И. Черевко, О. А. Маяк // Пути повышения качества услуг общественного питания : Междунар. научн. конф., 23-24 декабря 2005 г. – Саратов, 2005. – С. 96–98. (Здобувачем запропоновано новий метод розрахунку потужності на перемішування неньютонівських рідин).

15. Маяк О. А. Вплив часу старіння на структурно-механічні властивості пастоподібних концентратів напоїв / О. А. Маяк // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 72 наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 17-18 квітня 2006 р. – У 2 ч. – К., 2006. – Ч. 2. – С. 136.

16. Черевко О. І. Вплив конструктивних особливостей нової скребкової мішалки на процес концентрування овочевих пюре / О. І. Черевко, О. А. Маяк // Туризм і ресторанний бізнес: сучасні тенденції та перспективи розвитку : Міжнар. наук. практик. конф., 7-9 лют. 2007 р. – К., 2007. – С. 276–277. (Здобувачем експериментально виявлено вплив нової скребкової мішалки на процес уварювання овочевого пюре).

17. Маяк О. А. Использование реологии для проектирования эффективного пищевого оборудования / О. А. Маяк // Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : Міжнар. наук.-практ. конф., 17 жовтня 2007 р. – У 2 ч. – Х., 2007. – С. 231–232.

## АНОТАЦІЯ

Маяк О.А. Удосконалення апарату для виробництва пастоподібних концентратів напоїв на основі овочевої сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2008.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню процесу отримання пастоподібних концентратів напоїв (ПКН) на основі овочевої сировини та удосконаленню апарату для їх виробництва. Встановлено закономірності впливу

технологічних параметрів (розміру частинок дисперсної фази концентрату, концентрації сухих речовин у продукті, температури переробки, терміну зберігання) на реологічні характеристики ПКН, отримано регресійні рівняння для їх розрахунку. Встановлено наявність тиксотропних властивостей ПКН. Розроблено конструкцію скребкової мішалки для інтенсифікації процесу перемішування і теплообміну в умовах кипіння ПКН у вакуум-випарному апараті. Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання розробленої скребкової мішалки для інтенсифікації гідромеханічних і теплообмінних процесів під час виробництва ПКН. Розроблено теоретичну модель розрахунку витрат потужності під час перемішування ПКН запропонованою скребковою мішалкою. Отримано узагальнене критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі за умов використання нової скребкової мішалки під час уварювання ПКН під вакуумом з урахуванням змін реологічних властивостей розробленого продукту. Досліджено основні фізико-хімічні показники якості розроблених ПКН. Оцінено економічну та соціальну ефективність наукових розробок і здійснено комплекс заходів щодо впровадження їх у виробництво.

Ключові слова: вакуум-випарний апарат, скребкова мішалка, пастоподібні концентрати напоїв, реологічні властивості, перемішування, процес теплообміну.

## АННОТАЦІЯ

Маяк О.А. Усовершенствование аппарата для производства пастообразных концентратов напитков на основе овощного сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2008.

Диссертация посвящена научному обоснованию процессов производства пастообразных концентратов напитков (ПКН) на основе овощного сырья и усовершенствованию аппарата для проведения гидромеханических и теплообменных процессов. Был предложен способ получения ПКН на основе овощей – тыквы, свеклы и моркови. Для научной классификации и интенсификации процессов производства разработанного продукта были исследованы его реологические свойства. Комплексное исследование реологических свойств ПКН показало, что согласно классификации П.А. Ребиндера данный продукт относится к коагуляционным неидеальнопластичным твердообразным системам, деформация которых описывается уравнением Гершеля-Балкли. Были установлены закономерности влияния технологических параметров (размера частиц дисперсной фазы концентрата, концентрации сухих веществ в продукте, температуры переработки, срока хранения) на реологические характеристики ПКН, получены уравнения для их расчета. Определены и научно обоснованы оптимальный размер частиц дисперсной фазы продукта –  $0,1 \cdot 10^{-3}$  м, содержание сухих веществ в ПКН

– 75%, что определяет длительный срок хранения продукта – до 50 недель. Установлено наличие тиксотропных свойств ПКН.

Разработана конструкция скребковой мешалки для интенсификации процесса перемешивания и теплообмена в условиях кипения ПКН в вакуум-выпарном аппарате. Научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования разработанной скребковой мешалки для интенсификации гидромеханических и теплообменных процессов при производстве ПКН. Разработана теоретическая модель расчета расхода мощности при перемешивании ПКН предложенной скребковой мешалкой. Получено обобщенное критериальное уравнение для расчета коэффициента теплоотдачи при использовании новой скребковой мешалки при уваривании ПКН под вакуумом с учетом изменения реологических свойств разработанного продукта в процессе его переработки.

Разработан процесс производства ПКН на основе овощного сырья, предложена линия для реализации данного процесса. Определены рациональные технологические параметры производства ПКН в промышленных условиях. Разработана нормативная документация на производство ПКН на основе плодоовощного сырья (ТУ У 15.3-01566330-156-2004 “Пастообразные концентраты напитков на основе плодоовощного сырья”). Исследованы физико-химические свойства ПКН и напитков на их основе (содержание белка, углеводов, витаминов и микроэлементов). Доказано сохранение питательных веществ исходного сырья в результате использования предложенного способа производства ПКН. Определены основные показатели качества ПКН и требования к условиям их хранения. Осуществлен выпуск экспериментально-промышленных партий ПКН на ОАО “Московский” и ОАО “Пивзавод “Рогань”. Оценена экономическая и социальная эффективность научных разработок. Произведен расчет сырьевой стоимости ПКН, которая составляет 9,55 грн, соответственно стоимость литра напитка с применением ПКН – 1,2 грн. Установлено, что срок окупаемости цеха из выпуска разработанной продукции производительностью 30 т в месяц составляет 11 месяцев, что свидетельствует о целесообразности и эффективности эксплуатации данной линии. Ожидаемый экономический эффект для опытно-экспериментальной линии производства ПКН составит 13,6 тыс. грн в месяц.

Ключевые слова: вакуум-выпарной аппарат, скребковая мешалка, пастообразные концентраты напитков, реологические свойства, перемешивание, процесс теплообмена.

## ANNOTATION

Mayak O.A. Improvement of equipment for the production of paste-like concentrates of drinks on the basis of vegetable raw material. – Manuscript.

Thesis for Candidate's degree by specialty 05.18.12 – Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2008.

Thesis is devoted to the scientific ground of process of production of paste-like concentrates of drinks (PCD) on the basis of vegetable raw material and improvement of

equipment for their production. Conformities to the law of influence of technological parameters are set on reological properties of PCD, equalizations are got for their calculation. The presence of tixotropic properties of PCD is set. The construction of scraper mixer is developed to intensification of process of interfusion and heat exchange in the conditions of boiling of PCD in vacuum steam equipment. Scientifically expedience of the use of the developed scraper mixer is grounded and experimentally confirmed for intensification of hydromechanical and heat-exchange processes at the production of PCD. The theoretical model of calculation of charges of power is developed at interfusion of PCD by the offered scraper mixer. The generalized criteria equalization for the calculation of coefficient of heat emission at using of new scraper mixer for boiling of PCD under a vacuum taking into account reological properties of the developed product is got. The basic physical and chemical indices of quality of developed PCD are investigated. Economic and social efficiency of scientific developments is appraised and the complex of measures is carried out on applying them in industry.

Key words: vacuum steam equipment, scraper mixer, paste-like concentrates of drinks, reological properties, hydromechanical and heat-exchange processes.

Підп. до друку 11.09.08 Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.

Обл.-вид. арк. 1,1 Ум. друк. арк. 1,2 Умов. фарб.-відб. 1,2

Тираж 100 прим. Замовл. № 279

---

ДОД ХДУХТ, вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків,