

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

XVII Міжнародної наукової конференції
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

3-8 вересня 2018 р.



**ОДЕСА
2018**

Публікуються доповіді, представлені на XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3 – 8 вересня 2018 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Васильєв <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
Гавва <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Гумницький <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Долинський <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Зав’ялов <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Сукманов <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Колтун <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
Корнієнко <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Малежик <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Михайлов <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
Паламарчук <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
Снежкін <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік НАН України
Сорока <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
Тасімов <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
Товажнянський <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
Ткаченко <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
Черевко <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
Шит <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор

СЕКЦІЯ 4.

**ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ,
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ
ВИРОБНИЦТВ**

СПОСІБ ПЕРЕРОБКИ ЯГІД ВІНОГРАДУ В НАТИВНОМУ СТАНІ

Кепін М.І., к.т.н., доц.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

METHOD OF PROCESSING VEGETABLE BERRIES IN THE NATURAL CONDITION

Kepin NI, Ph.D., Assoc.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa

Анотація. На експериментальному рівні досліджено можливість переробки ягід винограду сорту "Молдова" в нативному стані з метою розділення на складові – напівфабрикат (м'якоть) та відходи (фрагменти шкірки і насіння). Розділення відбувається в полі відцентрових сил з використанням нерухокої перфорованої оболонки та лопатевого ротора, який виконує обертовий рух з ягодами.

Процес переробки може бути виконано за два етапи: на першому етапі відбувається руйнування ягід, на другому – розділення одержаної суміші на складові: напівфабрикат та відходи.

Напівфабрикат може бути використаний для одержання як однорідних так і неоднорідних видів продукції (просвітлених соків та соків з м'якоттю, виноградного пюре, добавок до морозива тощо) на переробних підприємствах.

Окрім вказаних видів продукції на кафедрі "Процеси, обладнання та енергетичний менеджмент" Одеської національної академії харчових технологій розроблена установка для сушіння напівфабрикату при переробці рослинної сировини в умовах розрідження, що дає змогу одержати готову продукцію з максимальним збереженням біологічно активних речовин таких як тклапи (грузинська пастила), желе, мармелад, пеламуші, а також напівфабрикат для одержання чурчхели.

Окрім вказаного запропонований спосіб переробки дозволяє одержувати насіння без зміни вихідних властивостей, що дає можливість використовувати насіння як насіннєвий матеріал та сировину для вторинної переробки з метою одержання як харчову продукцію, так і продукцію для використання в медицині, косметології, та інших галузях.

Олія з насіння, одержана холодним способом, містить до 68 % поліненасичених кислот (Омега-3 і Омега-6) від усіх жирних кислот, бета-каротин. В олії також є мінеральні речовини: калій, кальцій, залізо та фосфор; мікроелементи – алюміній, бор, ванадій, цинк, марганець та інші мінерали. Окрім вказаного із насіння можна одержувати порошок, який використовують як в хлібопекарній галузі так і в кондитерській як замітник какао-порошка. Такий порошок багатий клітковиною, що позитивно сприяє при травленні страв. Він також містить поліфенольні речовини, які позитивно впливають на функціонування серцево-судинної системи.

Ключові слова: виноград, ягода, переробка, м'якоть, насіння, готова продукція.

Annotation. At the experimental level, the possibility of processing grape varieties "Moldova" in the native state with the aim of dividing into components - semi-finished product (pulp) and waste (fragments of peel and seeds) was investigated. The separation occurs in the field of centrifugal forces using a fixed perforated shell and a rotor blade, which performs rotational motion with berries.

The processing process can be performed in two stages: at the first stage, the berries are destroyed, on the second stage, the mixture is divided into components: semi-finished product and waste.

Semi-finished products can be used to produce both homogeneous and heterogeneous products (clarified juices and juices with pulp, grape puree, additives to ice cream, etc.) at processing plants.

In addition to these types of products, the plant "Processes, equipment and energy management" of the Odessa National Academy of Food Technologies has developed a plant for drying vegetable half-finished products under vacuum to produce such products as clappi (Georgian pastille), jelly, marmalade, pelamushi, obtaining churchkhela with maximum preservation of biologically active substances.

In addition, the proposed method of processing allows you to obtain seeds without changing the original properties, which is a positive trend for using them as seed and raw materials for secondary processing in order to obtain both food products and products for use in medicine, cosmetology and other industries.

Oil from seeds, obtained in a cold way, contains up to 68% of polyunsaturated acids (Omega-3 and Omega-6) from all fatty acids, beta-carotene. The oil also contains mineral substances: potassium, calcium, iron and phosphorus; microelements - aluminum, boron, vanadium, zinc, manganese and other minerals. In addition to the mentioned seeds,

it is possible to produce a powder which is used both in the baking industry and in the confectionery industry as a substitute for cocoa powder. Such a powder is rich in fiber, which promotes digestion of dishes. It also contains polyphenolic substances, which have a positive effect on the functioning of the cardiovascular system.

Key words: grapes, berry, processing, pulp, seeds, finished products.

Вступ. В сучасних умовах основними перспективними напрямками переробної промисловості на всіх етапах є: застосування інноваційних режимів і технологій, які дозволять не лише збільшити вихід готової продукції, а й також зберегти біологічно цінні речовини в її складі; використання технологій комплексної (безвідходної) переробки сировини; перехід виробництва на енергозберігаючі технології.

Основними чинниками, які впливають на дотримання перших двох напрямків є режими переробки і вид сировини відповідно. Наявність в першому випадку необхідності виконання теплової обробки продукту за температури, вище якої відбуваються негативні зміни вихідних властивостей сировини, приводить до зниження харчової цінності кінцевого продукту.

В другому випадку відповідність або невідпорність виконання процесів переробки за принципами безвідходних технологій в основному залежить від виду сировини, фізичних та структурно-механічних (реологічних) властивостей окремих її видів. Наприклад, при переробці більшості насінневих та зерняткових рослинних культур, в залежності від вимог до кінцевого продукту, кількість відходів а також можливостей їх переробки як вторинної сировини значно ускладнює виконання вимог безвідходних технологій в порівнянні з кісточковими культурами.

Одним із напрямків переробки рослинної сировини в харчовій промисловості є виноробна галузь. Основні види продукції, яку одержують внаслідок бродіння, включають вина натуральні, кріплені, шампанські, газовані, коньяки та інші алкогольні напої. Окрім вказаних видів продукції виноград слугує цінною сировиною для виробництва негазованих та газованих просвітлених соків, соків з м'якоттю, виноградного пюре та інших продуктів [1]. Також виноградний сік слугує основною складовою при виготовленні таких страв як пеламуші, чурчхела, тклапи (грузинська пастила).

Формулювання задачі та аналіз літературних джерел. В роботах [2, 3] за результатами експериментальних досліджень показана можливість переробки плодів кісточкових культур в нативному стані з використанням перфорованих оболонок в умовах відцентрового поля з метою розділення плодів на напівфабрикат (м'якоть) та відходи (кісточки). М'якоть подають на подальшу переробку а кісточка є цінною вторинною сировиною. Показано, що до основних переваг такого способу переробки відносять можливість збереження біологічного потенціалу вихідної сировини за рахунок вилучення теплової обробки плодів на етапі попередньої переробки, що, в свою чергу, приводить до зменшення витрат теплової енергії.

Ягоди винограду є складовою грон (кетягів), які подаються на підприємства первинного виноробства. Другою складовою грон є гребені, на яких за допомогою плодоніжок утримуються ягоди.

Схеми переробки винограду значно відрізняються між собою за причиною технологічних вимог до кінцевих продуктів.

При виробництві вина та виноматеріалів існує два способи переробки винограду: по білому і червоному способам, які залежать від тривалості контакту сула з твердими частинами грону (фрагментами гребенів, шкірки, клітинними оболонками та насінням) при умові, що основна частка гребенів була відокремлена на попередній стадії за допомогою гребневідокремлювачів [4].

В обох випадках внаслідок пресування одержують до 20 % вичавок, в яких масова частка насіння досягає 25 %. При цьому треба зважити на те, що при переробці за білим способом в насінні зберігаються вихідні біологічні властивості в той час як при використанні переробки за червоним способом насіння втрачає такі властивості за рахунок їх екстрагування під час бродіння.

Схема переробки вичавок з метою одержання насіння представляє собою доволі складний процес і включає наступні операції [5]: промивання вичавок гарячою водою, виділення насіння із промитих вичавок, його сушіння та пакування.

Передбачається, що при реалізації пропонованого способу переробки ягід основною складовою буде насіння з незначним вмістом фрагментів гребенів і шкірки, відокремлення яких від насіння можна буде реалізувати способом центрифугування в безперервному режимі.

Пропонований спосіб переробки ягід пов'язаний з їх механічним руйнуванням. При цьому важлива роль приділяється аналізу їх будови, вивчають властивості окремих складових та зв'язок між ними. Такий підхід дозволяє встановлювати оптимальні режими переробки сировини, створювати ефективні технологічні схеми її переробки, проектувати нове обладнання.

Складовими ягоди є шкірка, м'якоть і насіння. В залежності від сорту винограду вміст ягоди від її маси складає: м'якоть (75...85), шкірка (15...21), насіння (3...6) %. Основною складовою при виготовленні різних видів продукції є м'якоть.

Із сукупності фізичних властивостей, які можуть впливати на процес переробки пропонованим способом, основними можна вважати розмір і форму, із структурно-механічних властивостей – міцність складових ягід.

За розміром ягоди поділяють на чотири групи при умові що розмір пропорційний їх діаметру. За цим показником ягоди розділяють на наступні групи, мм: дрібні – до 13, середні – (13,1...18), крупні – (18,1...23), більше 23 мм – дуже крупні.

Для ягід, форма яких відрізняється від форми кулі, умовний діаметр визначають за двома геометричними показниками: висоті і максимальним діаметром або максимальній ширині по висоті.

Для характеристики форми ягід використовують індекс форми $U = H / D$, де H і D відповідно висота і діаметр ягоди в найбільшому поперечному перерізі. При $U < 1$ ягоди сплюснуті; при $U \cong 1$ – округлі; при $U = (1,1...1,3)$ – висота ягоди помітно перевищує максимальний діаметр; при $U = (1,3...1,6)$ – висота ягоди значно перевищує максимальний діаметр; $U > 1,6$ – ягода має витягнуту форму.

Товщина і міцність шкірки, а також густина (консистенція) м'якоті ягід відрізняються у сортів винограду настільки суттєво, що вказані особливості є сортовими ознаками. За вказаними чинниками сорти винограду умовно розділяють на три групи: сорти, в яких шкірка тонка і легко руйнується; сорти, в яких шкірка за показниками товщини і міцності перевищує першу групу і сорти, в яких за товщиною і міцності шкірки перевищують другу групу.

Шкірка ягід складається із епідермісу і декількох шарів клітин, які містять фарбувальні речовини. Останні формують колір ягід. Епідерміс покритий кутикулою. Шкірка покрита шаром воскоподібної речовини, яку іноді називають пруйном.

М'якоть являє собою найбільш важливу частину ягоди. Після досягнення повної зрілості м'якоть становить від 75 до 85% загальної маси ягоди. Вона складається майже виключно з вакуолярного соку своїх великих клітин. Тверді частинки, що складаються із залишків дуже тонких целюлозних перегородок і дуже тонких судинно-волокнистих пучків і утворюють каламутний осад, ледь досягають 0,5% маси м'якоті, внаслідок чого на практиці не роблять різниці між складом м'якоті і складом сула.

Насіння ягід винограду європейських сортів в основному мають овально-грушоподібну форму: в верхній частині вони округлі, в нижній – витягнуті у вигляді носика. Їх розмір залежить від кількості в ягоді – чим їх більше тим розміри менші. Висота коливається в діапазоні (3...6) мм.

Виноградна ягода нормально повинна мати чотири насіння, що розвинулися з яйцеклітин, які існують в квітколожі, але майже завжди їх буває менше: три, два або найчастіше одне через відсутність або незапліднення однієї, або декількох зародкових клітин. Маса насіння в одній ягоді складає (3...6) %.

Насіння є цінною вторинною сировиною для виробництва олії і порошку. Склад насіння і вміст кожної складової залежить від сорту, умов вирощування, агротехніки та інших чинників і становить, %: вода – (25...45); вуглеводи – (34...36); олія – (13...20); танін – (4...6); речовини, які включають азот – (4,0 ...6,5); мінеральні речовини – (2...4); жирні кислоти – 1.

Згідно класифікації харчових продуктів за реологічними показниками і текстурними ознаками [7] ягоди винограду являють собою висококонцентровані дисперсні системи з просторовими структурами, властивості яких, як біологічно активних систем, постійно змінюються від моменту запліднення до стану стиглості.

Харчова сировина, напівфабрикати та продукти відносяться до реальних тіл, яким властива пружність, пластичність та в'язкість. В залежності від виду, тривалості та швидкості навантаження реального тіла деякі із структурно-механічних (реологічних) властивостей проявляються особливо яскраво, в той час як інші ледь помітні якими можна нехтувати [6, 7].

В залежності від характеру та величини прикладених до плодів зовнішніх сил їх форма та лінійні розміри змінюються завдяки деформації. При цьому вони можуть пружними (зворотними) або пластичними (незворотними). Якщо зовнішні сили не перевищують деякої межі, то зміщення частин із рівноважного стану не відбувається і деформації, які при цьому виникають, будуть зворотними, тобто початкова форма та розміри не змінюються.

Пластична деформація виникає при навантаженнях, які перевищують межу пружності. При цьому відбувається руйнування внутрішньої структури тіла без його поділу на окремі фрагменти. Але перевищення межі пластичної деформації приводить до повного руйнування тіла на окремі фрагменти.

Таким чином, процес переробки ягід винограду зазначеним способом полягає у визначенні режимів, при яких відбувається їх руйнування. При цьому, на підставі аналізу процесу переробки кісточкових культур, передбачається, що процес переробки ягід винограду з метою розділення необхідно виконувати в два етапи. На першому етапі необхідно виконати руйнування ягід, на другому – виконати розділення одержаної суміші на складові. Для цього треба визначити як геометричні так і кінематичні параметри ефективного виконання зазначеного процесу переробки.

Матеріали та методи дослідження. Для визначення ваги ягід до і після проведення експерименту використовували електронні ваги ТВЕ-0,6-0,01, секундомір СДСпр-1-2-000. В якості об'єкта дослідження використовували виноград сорту "Молдова" врожаю 2017 р.

Послідовність виконання експериментів полягала в наступному. Від грону відокремлювали ягоди без механічних пошкоджень і випадковим чином формували партію згідно з планом проведення експериментів. На кожному рівні експерименти проводили в десятикратній повторності.

За допомогою експериментальної установки, опис якої подано в роботі [3], варіювали і контролювали наступні параметри процесу: діаметри отворів перфорованих ділянок на рівнях 2, 4, 6, 8 та 10 мм; частоту обертання лопатей на рівнях 600, 900, 1200, 1500 та 1800 об/хв, що відповідало їх коловій швидкості 3,93; 5,89; 7,85; 9,81 та 11,78 м/с при внутрішньому діаметрі перфорованої оболонки 125 мм.

За допомогою стробоскопу в холостому режимі встановлювали необхідну частоту обертання обертів лопатей згідно рівня проведення експерименту. Після цього відключали електродвигун, встановлювали плід в гніздо, включали електродвигун з одночасним включенням секундоміра. Фіксували час переробки плоду, після чого вимикали електродвигун з одночасною зупинкою секундоміра. Визначали залишкову масу. Розділивши різницю вихідної і залишкової мас ягоди на час її переробки визначали інтенсивність руйнування ягід в залежності від умов експерименту. З метою запобігання впливу ягід між собою дослідження виконували з одиничними екземплярами.

Дослідження виконували за класичним методом, при якому на кожному рівні досліджували вплив кожного фактора окремо, решту факторів фіксували на сталому рівні.

Для визначення середнього значення міцності ягід в вихідному стані (міцність шкірки разом з м'якоттю) на прокол випадковим чином відібрали шість зразків і на кожному із них визначали міцність на різних трьох ділянках поверхні. Після цього з плодів відокремлювали шкірку і визначали міцність м'якоті також на різних трьох ділянках поверхні. Міцність визначали за допомогою пенетрометра з циліндричним індентором площею 1 мм².

Середні значення міцності становлять, гс/мм²: ягід – 112; м'якоті – 44,2. Таким чином, міцність покривної тканини (шкірки) разом з м'якоттю (ціла ягода) в 2,5 рази перевищує міцність м'якоті для даного сорту.

Результати досліджень. На рис. 1 подано зразки фрагментів шкірки в залежності від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів перфорації.

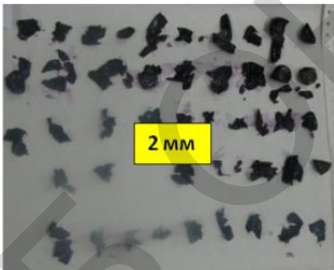
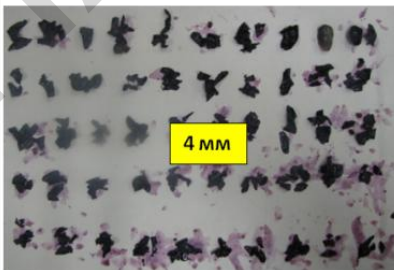
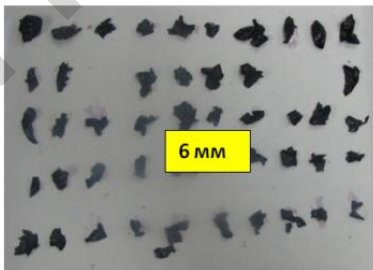
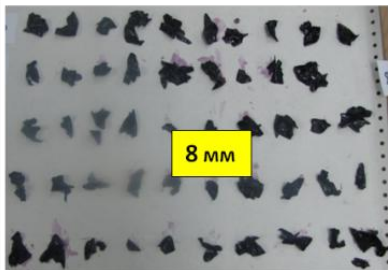
Колова швидкість лопатей, м/с	Діаметр отворів перфорації, мм	
	2	4
3,93		
5,89		
7,85		
9,81		
11,78		
Колова швидкість лопатей, м/с	Діаметр отворів перфорації, мм	
	6	8
3,93		
5,89		
7,85		
9,81		
11,78		

Рис. 1 – Зразки фрагментів шкірки процесу руйнування ягід в залежності від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів перфорації

В таблиці 1 подано середні значення за десятьма повторами інтенсивності руйнування ягід в залежності від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів перфорації.

Таблиця 1 - Середні значення інтенсивності руйнування ягід в залежності від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів перфорації

Колова швидкість лопатей, м/с	Інтенсивність руйнування ягід, г/с				
	Діаметр отворів перфорації, мм				
	2	4	6	8	10
3,93	2,80	3,93	3,20	6,22	5,20
5,89	5,14	9,69	11,01	17,79	13,90
7,85	13,50	21,38	19,79	26,77	32,60
9,81	17,75	23,73	32,32	51,37	38,93
11,78	38,34	41,79	57,03	63,26	72,80

На рис. 2 подано графічні залежності за експериментальними даними згідно табл. 2.

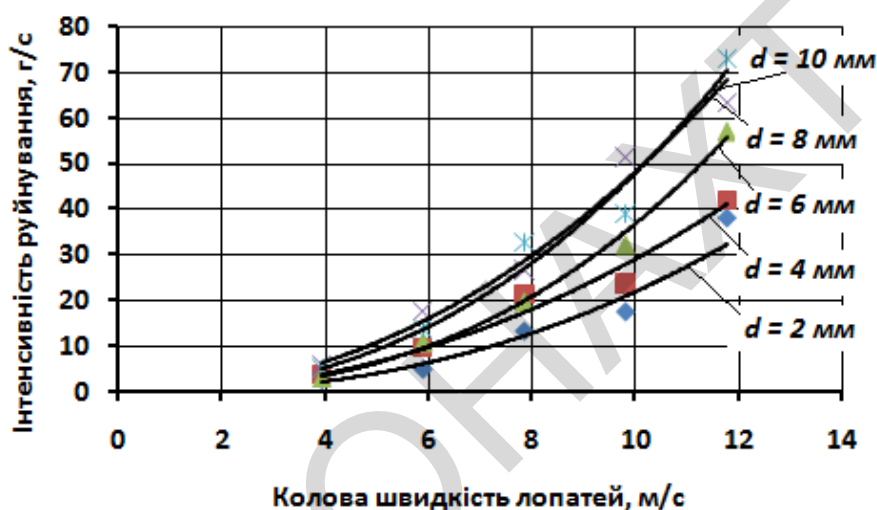


Рис. 2 – Залежність інтенсивності руйнування ягід від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів перфорації

Висновки. 1. Інтенсивність руйнування ягід залежить від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів перфорації із збільшенням яких інтенсивність руйнування збільшується.

2. Процес переробки ягід доцільно виконувати за два етапи: на першому етапі виконувати подрібнення сировини з використанням оболонок з діаметрами отворів 8 або 10 мм, на другому – виконувати розділення суміші на м'якоть (клітинний сік, фрагменти клітинних оболонок та шкірки) та насіння. При цьому необхідно використовувати оболонки з діаметрами отворів в діапазоні (1...2) мм.

3. В залежності від складу напівфабрикату останній можна подавати на подальшу переробку для виготовлення консервованої продукції з необхідною при цьому тепловою обробкою в теплообмінниках безперервної дії, безпосередньо подавати на сушіння в умовах розрідження для виготовлення пастоподібної продукції (напівфабрикат після другого етапу) або фасувати в асептичних умовах (напівфабрикат після першого етапу). Можливі і інші напрямки переробки.

4. Пропонована схема переробки може бути реалізована згідно умовам безвідходних технологій.

Література.

1. Справочник по виноделию / Под ред. Г.Г. Валуйко. - М.: Агропромиздат, 1986. - 447 с.
2. Кепін М.І. Використання методів теорії подібності та розмірностей при фізико-математичному моделюванні процесів переробки плодів кісточкових культур холодним способом // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. - 2016. - Том 80. Вип. 1. - С. 146-149.
3. Кепін М.І. Моделювання процесу переробки плодів кісточкових культур у свіжому стані на перфорованій поверхні в полі відцентрових сил // Пищевая наука и технология. - Одеса: ОНАХТ. - 2016. - Том 10. Вип. 2. - С. 66-72.
4. Зайчик Ц.Р. Оборудование предприятий винодельческого производства. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1992. - 384 с.

5. Огай Ю.А. Технология переработки виноградной выжимки в непрерывном потоке // Труды научного центра виноградарства и виноделия. - Ялта: ИВиВ «Магарач», 1999. - С.78-83.
6. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник / Под ред. Ю.А. Мачихина. - М.: Агропромиздат. - 1990. - 271 с.
7. Лонцин М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств: Пер. с англ. - М.: Легкая и пищевая пром.-сть, 1983. - 384 с.

УДК 628.16.084:66.065.5.045.5

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ БЛОЧНОГО ВИМОРОЖУВАННЯ

Трішин Ф.А., Светлічний П.І., Трач О., Орловська Ю.

Анотація. Метою роботи є вивчення впливу ультразвуку малої потужності на процеси тепло- і масообміну в установках блочного виморожування. Доведено, що ефективним засобом управління потоками енергії при блочному виморожуванні є застосування ультразвукового поля. Зафіксовано збільшення маси блоку льоду завдяки зростанню коефіцієнту масовіддачі на 15-20%, зниження вмісту солей в стоках на 40% та зниження пористості блоку льоду на 22%. Визначено залежність кінетики сепарування та кристалізації блоку льоду від потужності і частоти ультразвуку. Методами теорії подібності проведено узагальнення отриманих експериментальних даних. Отримана залежність $St_w(Eu_w, Gr)$, що може бути використана для оптимізації та конструкторських розрахунків установок блочного виморожування з ультразвуковим інтенсифікатором в діапазоні частот від 20 до 60 кГц.

INTENSIFICATION OF THE WATER CLEANING PROCESS WITH APPLICATION OF THE BLOCK CLEANING METHOD

Trishin F.A., Svetlichnyi P.I., Trach O.R., Orlovskaya Yu.V.

Abstract. For the period from 1900 to 1995, freshwater consumption in the world increased six-fold. Scientists predict that by 2030, 47 % of the population of the Earth will have difficulty with access to drinking water. In that regard, the development of energy-efficient methods for obtaining purified water is of practical and scientific interest. 96% of total desalinated water in the world is obtained with distillation desalination plants, 2.9% – with electro dialysis plants, 1% – by reverse osmosis plants, and 0.1% – with the share freezing and ion exchange desalination plants. There is a growing interest in the technologies of block freezing for water cleaning. Systems of this type are characterized by simplicity of design, compactness, and energy efficiency. Over the last years, the interest in intensification of the processes which use ultrasonic radiation has been increased. Despite a wide range of studies, the use of moderate and low power ultrasound to crystallize and separate water is still insufficiently studied. The objective of this work is to study the influence of the low power ultrasound on the processes of heat and mass exchange in block freezing units. In experiments, an ultrasonic generator with variable frequency (from 10 to 80 KHz) and power used. The use of ultrasonic field has been proved to be an effective method of controlling energy flow during block freezing. It has been established that ultrasound increases the mass of ice, and intensifies the freezing process. It has been observed that the ice block mass increases when the weight ratio increases by 15-20 %, and the salt content in the drains and the ice block porosity decrease by 40 % and by 22 %, respectively. It has been determined that there is dependence of the separation and crystallization kinetics of the ice block from the ultrasound power and frequency. Low temperature separation under the influence of ultrasonic fields characterized by significantly lower energy consumption compared with traditional distillation. To summarize the obtained experimental data, the methods of similarity theory have been used. The dependence $St_w(Eu_w, Gr)$ has been obtained which can be used for optimization and design calculations of block freezing units with ultrasonic intensifier within the frequency range of 20 KHz to 60 KHz. Ключові слова: моделювання, кристалізація, пористість, концентрація, температура, теплопередача.

Keywords: modeling, crystallization, porosity, concentration, temperature, heat transfer.

Вступ. Наразі в світі значно збільшуються масштаби споживання води, і, відповідно, її дефіцит, що може стати причиною погіршення умов проживання та уповільнити економічний розвиток країн, що зазнають нестачі питних ресурсів. В першу чергу це стосується густонаселених регіонів Землі, де відносно небагато великих річок і зосереджена велика кількість промислових підприємств. За період з 1900 по 1995 рік споживання прісної води в світі збільшилося в шість разів, що в два рази випереджає темпи приросту населення. Вже сьогодні близько третини населення планети відчуває проблеми з отриманням якісної прісної води, оскільки проживає в країнах, які споживають воду в обсязі, що на 10 відсотків перевищує наявні у них запаси. Прогнозують, що до

Ляпошенко О.О., Іванов В.О., Павленко І.В. Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Ковтун В.В. ...	159
СУЧАСНІ СЕПАРУВАЛЬНІ АПАРАТИ ДЛЯ ВИНОПРОДУКТІВ	
Ковалевський К.А., Валько М.І., Мамай О.І., Кузьміна Т.О., Яковенко Т.О.	164
ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ	
Бурдо О.Г., Зыков А.В., Мордынский В.П., Светличный П.И., Пур Д.Р.	169
СПОСІБ ПЕРЕРОБКИ ЯГІД ВИНОГРАДУВ НАТИВНОМУ СТАНІ	
Кепін М.І.	175
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ БЛОЧНОГО ВИМОРОЖУВАННЯ	
Трішин Ф.А., Светлічний П.І., Трач О., Орловська Ю.В.	180
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ В УМОВАХ МІНІ-ЦЕХІВ	
Осадчук П. І., Дударев І. І.	185
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЙ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА В СОВРЕМЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	
Потапов В.А., Белый Д.В.	189
СИРОВИННІ РЕСУРСИ ПТАХОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Хомічук В.А., Усатенко Н.Ф.	192
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАМЕСА ТЕСТА – ЗАДАЧИ И ОТВЕТЫ	
Янаков В.П.	194
РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЛАСТИФІКАЦІЇ МАСЕЛ І ЖИРІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Хомічук В.А., Гнядий А.В.	197
ИННОВАЦИОННОЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Грабова Т.Л., Шматок А.И., Посулько Д.В., Сильягина Н.Б., Степанова О.Е.	199
АПАРАТИ ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ	
Бандура В. М., Яровий І.І., Маренченко О. І.	204