

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ  
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



**ОДЕСА**  
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 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

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

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

УДК 66.063.94:045

## БАЛАНСОВІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ, КІНЕТИЧНІ ТА ФАЗОВІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ВИМОРОЖУВАННЯ СОКІВ

Бурдо О.Г., д-р техн.наук, професор, Мординський В.П. к.т.н. доцент,  
Одеська національна академія харчових технологій  
Давар Ростами Пур  
фірма D.R.P., Iran, Teheran

## BALANCING, ENERGY, KINETIC AND PHASE MODELS OF PROCESSES OF CLEANING SOURCES

Burdo O.G., doctor of technical sciences, professor, Mordinsky V.P. Ph.D., docent,  
Odessa National Academy of Food Technologies  
Davar Rostami Pur Firm D.R.P., Iran, Tehran

**Abstract:** The work is devoted to the study of block freezing devices for concentrating pomegranate juice. The prospect of concentrated juices, the place of pomegranate juice on the market is discussed. The traditional principles of concentration of juices in evaporators are analyzed. Disadvantages of evaporation processes and attractiveness of methods of low temperature dehydration of solutions (cryoconcentration) are shown. The energy and structural advantages of block freezing equipment are determined. This methodology for calculating the balance models of crystallization processes and separation of the ice block is given. The method of experimental study of the conditions of the phase equilibrium in the crystallization of pomegranate juice is given. An experimental stand was developed on the basis of cryostat and the temperature of crystallization was determined depending on the concentration. As a result, a cryoscopic line for pomegranate juice was obtained in the range of concentrations of dry matter of 3 - 50%. The methods of energy management have analyzed the economic efficiency of evaporation technologies and the innovative technology of block freezing. It is shown that the energy of innovation technology is better. The influence of the temperature of the crystallizer, the initial concentration of pomegranate juice, the volume of solution in the concentrator on the intensity of crystallization of the ice block has been determined. The dependences of ice block parameters on structural factors of the crystallizer and the concentrator are analyzed. The specificity of the separation process was studied, the influence of the initial concentration and temperature regimes on the parameters of the separation process (volume of effluents and their concentration) was obtained. The experimental sample of the block freezing device has been tested in concentrate of pomegranate juice. High-quality concentrates of pomegranate juice from 48 obrix were obtained. The results of the work give the opportunity to design industrial installations of necessary performance. The economic attractiveness of the technology of concentrating pomegranate juice in block freezing devices, which is determined by technological, energy and logistic aspects, is analyzed.

**Анотація:** Робота присвячена вивченню пристроїв блочного заморожування концентрату гранатового соку. Обговорюється перспектива концентрованих соків, місце гранатового соку на ринку. Проаналізовані традиційні принципи концентрації соків у випарниках. Показані недоліки процесів випаровування та привабливості методів низької температури зневоднення розчинів (кріоконцентрації). Визначено енергетичні та конструктивні переваги блочного морозильного обладнання. Дана методика для розрахунку балансових моделей процесів кристалізації та розділення льодового блоку. Наведено метод експериментального вивчення умов фазової рівноваги при кристалізації гранатового соку. Експериментальний стенд був розроблений на основі криостату та визначали температуру кристалізації в залежності від концентрації. У результаті отримано кріоскопічну лінію для гранатового соку в діапазоні концентрацій сухої речовини 3 - 50%. Методи енергетичного менеджменту проаналізували економічну ефективність технологій випаровування та інноваційну технологію блочного заморожування. Показано, що енергія інноваційної технології є кращою. Визначено вплив температури кристалізатора, початкової концентрації гранатового соку, обсягу розчину в концентраторі на інтенсивність кристалізації льодового блоку. Проаналізовані залежності параметрів льодового блоку від структурних факторів кристалізатора та концентратора. Вивчено специфіку процесу поділу, отримано вплив вихідних концентрацій та температурних режимів на параметри процесу сепарації (об'єм потоків і їх концентрація). Експериментальний зразок блочного морозильного

апарату випробувано в концентраті гранатового соку. Отримано високоякісні концентрати гранатового соку з 48 об'єктів. Результати роботи дають можливість проектувати промислові установки з необхідною продуктивністю. Проаналізована економічна привабливість технології концентрації гранатового соку в блочних морозильних апаратах, яка визначається технологічними, енергетичними та логістичними аспектами.

**Key words:** cryoconcentration, balance models, block freezing, cryoscopic line, kinetics of crystallization and separation, pomegranate juice.

**Ключові слова:** кріоконцентрування, балансові моделі, блокове виморожування, кріоскопічна лінія, кінетика кристалізації та сепарування, гранатовий сік.

**Вступ.** На ринках харчових продуктів зростає попит на різноманітні соки. Крім соків прямого віджимання збільшується сектор відновлювальних соків. Такі соки виготовляють із концентрованих шляхом додавання до них питної води. Виробників концентрований сік приваблює тим, що він довго зберігає свій харчовий потенціал, потребує менших об'ємів при зберіганні та зменшує витрати при транспортуванні.

**Аналіз літературних джерел та формулювання мети досліджень.** Свіжовичавлений сік граната є одним з найцінніших продуктів харчування, а його біологічна активність набагато вище, ніж у багатьох інших плодівих і ягідних соків. В його складі багато органічних кислот, і найбільше лимонної - тому гранатовий сік має такий виражений, характерний смак; є амінокислоти, замінні і незамінні, водорозчинні поліфеноли і вітаміни, з яких найбільше аскорбінової кислоти і вітамінів групи В, потім А, Е, РР; є також фолацин - природна форма фолієвої кислоти. Крім того, є і мікроелементи: фосфор, кальцій, магній, калій, залізо, натрій; дубильні і пектинові речовини. Калію в гранатовому соку більше, ніж в будь-якому іншому фруктовому соку [1].

Гранатовий сік засвоюється дуже легко, і в ньому зберігаються всі корисні речовини, присутні в цілому гранаті. Смак у гранатового соку теж незвичайний, злегка терпкий, але освіжаючий і приємний. Поліфеноли, що містяться в свіжовичавленому соку граната, мають виражену антиоксидантну активність [2]. Коли мова заходить про захист від вільних радикалів, то зазвичай згадують червоне виноградне вино, зелений чай, журавлину і лохину, але, виявляється, гранатовий сік в цьому відношенні більш активний.

Концентрат - це згущена форма фруктового соку, отримана методом випаровування або заморозки [3]. Далі методом відновлення з концентрату отримують фруктовий сік, який не втрачає своїх корисних якостей і зберігає в своєму складі вітаміни. Як правило, концентрують соки випаровуванням. Це розповсюджений, простий засіб, для його реалізації використовують надійне обладнання. Але, термічна обробка сировини частково псує продукт, зменшує його поживні речовини [4]. Тому сучасні технології концентрування потребують удосконалення [1, 5, 6]. Перспективним шляхом є перехід технологій концентрування на низькотемпературні режими, використання обладнання блокового виморожування [6]. Метою роботи було отримання статичних моделей (балансових, енергетичних та умов фазової рівноваги) і кінетичних закономірностей процесів формування блоку льоду та його сепарування при виробництві висококонцентрованого гранатового соку за технологією блокового виморожування. Робота проводилась в лабораторіях кафедри процесів, обладнання та енергетичного менеджменту.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Першим етапом роботи є визначення статичних моделей процесу кріоконцентрування соку, до яких відносяться балансові моделі та термодинамічні моделі фазової рівноваги в системі «розчин - лід» [5]. Для апаратів блокового виморожування [6] балансові моделі мають визначити співвідношення матеріальних балансів процесів кристалізації та сепарування та рівняння теплового балансу.

Розглянемо балансові моделі процесу блокового виморожування. На вхід до кристалізатора подається сік з початковою концентрацією  $X_n$  та масовим розходом  $G_n$  (рис. 1).

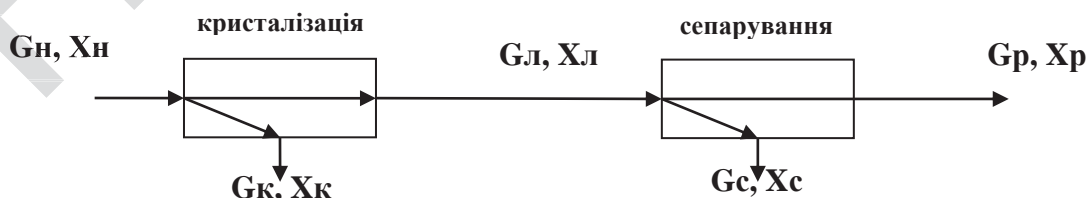


Рис.1. Схема матеріальних потоків.

Із концентрату виходить розчин з концентрацією  $X_k$  та масовим розходом  $G_k$  та лід, витрати якого  $G_l$ . В порах льоду є розчин, концентрація якого  $X_l$ . Після сепарування відділяються стоки, із розходом

$G_c$  та концентрацією  $X_c$ . Розплав льоду має параметри:  $G_p$ ,  $X_p$ . На практиці легко вимірюються параметри:  $G_n$ ,  $X_n$ ,  $G_k$ ,  $X_k$ ,  $G_c$ ,  $X_c$ . Інші параметри визначаються із системи рівнянь.

Для процесу кристалізації:

$$\left. \begin{aligned} G_k + G_l &= G_n \\ G_k X_k + G_l X_l &= G_n X_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Із першого рівняння в (1) знаходиться  $G_l$ , яке підставляється у друге рівняння системи (1). Після спрощень визначається вміст сухих речовин в блоці льоду:

$$X_l = \frac{G_n X_n - G_k X_k}{G_n - G_k} \quad (2)$$

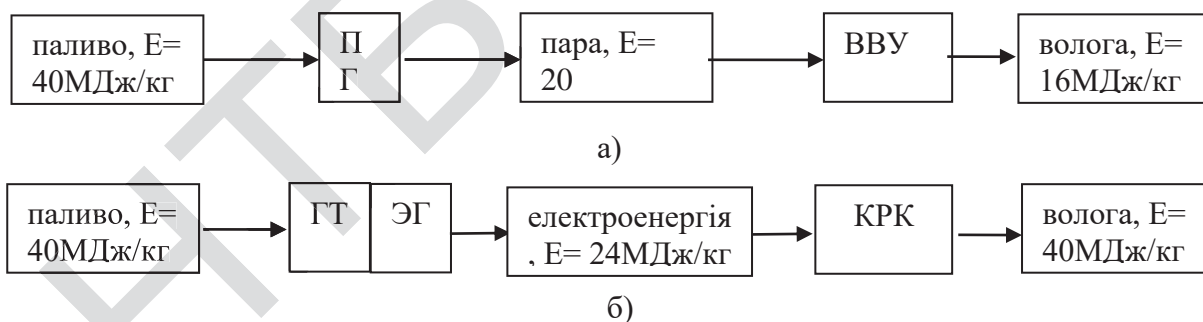
Для процесу сепарування:

$$\left. \begin{aligned} G_c + G_p &= G_l \\ G_c X_c + G_p X_p &= G_l X_l \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Значення  $G_l$  й  $X_l$  отримано із розрахунків кристалізатора. Аналогічно (2) визначаються втрати концентрату із розплавом льоду:

$$X_p = \frac{G_l X_l - G_c X_c}{G_l - G_c} \quad (4)$$

**Енергетичні баланси** Концентрування має проводитись так, щоб продукт мінімально змінювався. При випаровуванні взвесі та колоїдні речовини (пектинові, білкові та дубільні) концентруються у поверхні нагріву та викликають локальний перегрів та пригорання. Цукри карамелізуються й дають потемніння із-за реакції Майяра. Вітаміни, ферменти, фенольні речовини чутливі до теплоти, вони частково окислюються та змінюються. Летучі ароматичні речовини вилучаються разом із парою, що приводить до втрат характерного фруктового запаху. Тому кріоконцентрування гарантує менші втрати поживних властивостей сировини. Більш за те, концентрування виморожуванням економічні за випаровування. Так, на випаровування 1 т води витрачається  $26,0 \cdot 10^5$  кДж теплоти, для кристалізації 1 т води необхідно відвести  $3,33 \cdot 10^5$  кДж. Детальний аналіз проведемо методами енергетичного менеджменту [5], та порівняємо традиційні схеми випаровування із інноваційною технологією блокового виморожування. Оскільки ці схеми використовують різні джерела енергії, аналіз зведемо до визначення ефективності використання первинного палива органічного походження із теплою згорання  $40 \text{ МДж/кг}$ . Методологія енергетичного менеджменту ґрунтується на системному аналізі всього технологічного ланцюга «первинне паливо – його конверсія у відповідні види енергії – мережа - споживач». В технологічних комплексах що аналізуються елементи зосереджено компактно, тому вплив мереж не враховується (рис.2).



а) – традиційне випаровування; б) - кріоконцентрування

**Рис. 2. Конверсія енергії в технологіях зневоднення (всі параметри приведені до 1кг палива):.**

На рис.2 прийняті наступні позначення: ПГ - парогенератор; ВВУ – вакуум-випарна установка; ЕГ – електрогенератор; ГТ – газова турбіна; КРК - кріоконцентратор. В розрахунках прийнято: енергетичний ККД перетворення палива в електричну енергію на газотурбінних станціях 60%; а електричний холодильний коефіцієнт 1,5 – 2.

Наведені оцінки свідчать про енергетичні та економічні переваги апаратів блокового виморожування (рис.2).

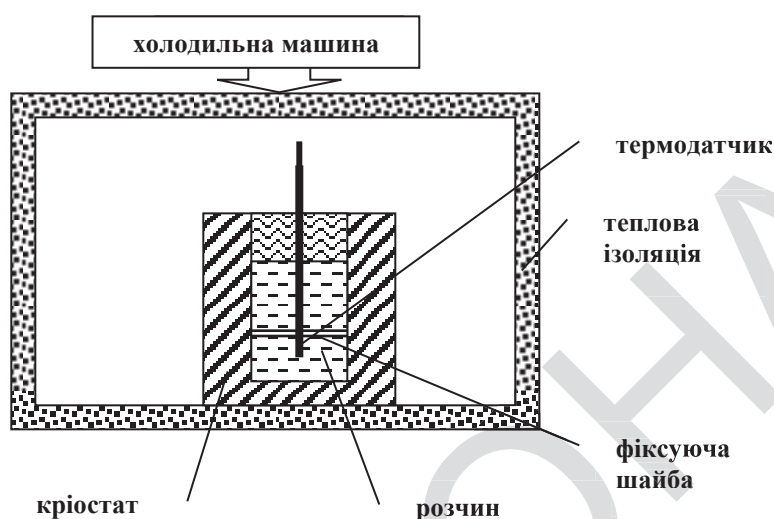
**Фазові рівноваги гранатового соку.** Концентрація сухих речовин гранатового соку вимірювалась за допомогою TDS метра. Тарировка TDS-метра проводилась за традиційною методикою шляхом



висушування розчину в сушильній камері до постійної ваги. Для зважування бюкс та визначення концентрації за допомогою сушіння використовувались ваги RADWAG AS 220 / C, які мають дискретність - 0,0001 г.

Умови термодинамічної рівноваги системи «гранатовий сік - лід» мають визначатися по значенням криоскопічних температур. В доступних літературних джерелах такі залежності не знайдено. Відомо, що процес утворення твердої фази характеризується стрибком температури в об'ємі для насичених розчинів [5]. Фіксація цього стрибка і передбачається в стенді для визначення криоскопічних температур (рис.3). Основним елементом стенду є криостат. Це металевий блок з матеріалу з високим коефіцієнтом теплопровідності і сумісного з досліджуванним продуктом. У блоці висвердлюється відкрита гільза, в яку заливають продукт.

По центру гільзи розташовується датчик, який центрується спеціальною фіксуючою шайбою, яка виготовлена з тонкого нетеплопровідного матеріалу. Датчик заводиться в герметичний металевий капіляр і підключається до планшета або комп'ютера, де попередньо встановлена програма для фіксування даних.



Осередок криостату виготовлено з теплопровідного металу, він має форму циліндра із стінками завтовшки 40мм. Така конструкція сприяє згладжуванню флуктуацій температур всередині об'єму рідини. Для проведення дослідження фазової рівноваги готувалися розчини гранатового соку з певною масовою концентрацією. У робочу зону осередку відбирали пробу розчину в кількості 2 см<sup>3</sup> і розміщували в ній датчик так, щоб він знаходився в середині об'єму рідини (рис.3).

Рис.3. Схема стенду для визначення криоскопічних температур.

Програма криоскопічних досліджень включала визначення значень криоскопічних температур для концентрацій гранатового соку  $X = (3; 6; 12; 16; 20; 25; 30; 35; 38; 40; 45; 50; 65)\%$ . Деякі графічні залежності наведені на (рис. 4).

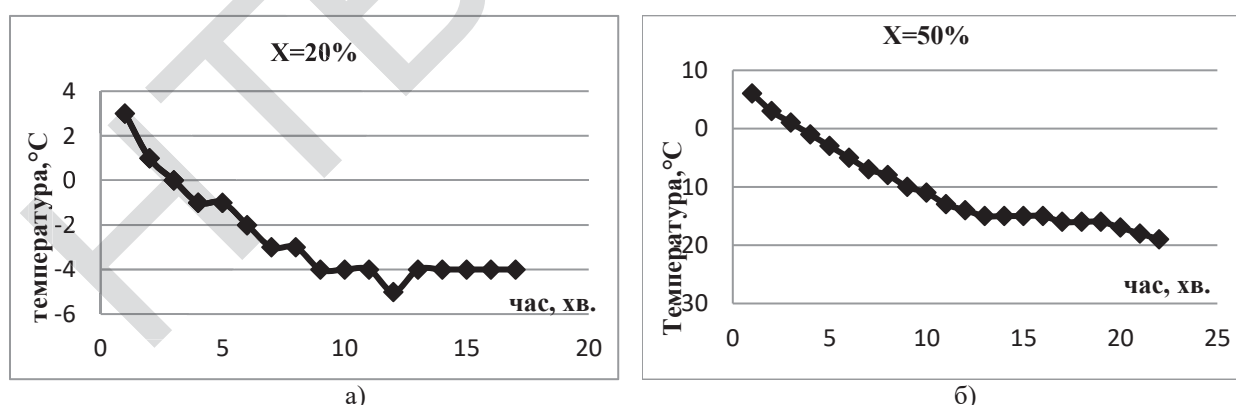


Рис. 4. Криоскопічні залежності гранатового соку.

За результатами експериментальних досліджень побудовані графічні залежності впливу концентрації на характер процесів охолодження розчинів, утворення льоду і його переохолодження. Лінія постійної температури і відповідала значенням криоскопічної температури. Методика експериментальних досліджень заснована на процесі регулярного відведення енергії від деякого об'єму рідини. Послідовно реєструються температури рідкої фази, встановлюється найменша температура

гідратної фази, фіксується скачок температури, рівень температур, при якому відбувається фазовий перехід, і температурний режим переохолодження твердої фази. Важливо при проведенні дослідів встановити мінімальну температуру гідратного стану. Саме при цих температурах і відбувається утворення твердої фази. Рівень цих температур, тривалість процесу формування блоку льоду залежать від концентрації розчину. Отже, експериментальний стенд повинен забезпечити організації цих процесів і коректне вимірювання температури.

Точність вимірювання криоскопічних температур була не нижче  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Надійна теплова ізоляція камери, де розташовано криостат, забезпечує рівень температур в осередку до мінус  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Середні значення температур процесів льодоутворення використані для побудови узагальненої залежності цих температур від концентрації розчину. Сукупність цих точок і становить криоскопічні криву (рис.5).

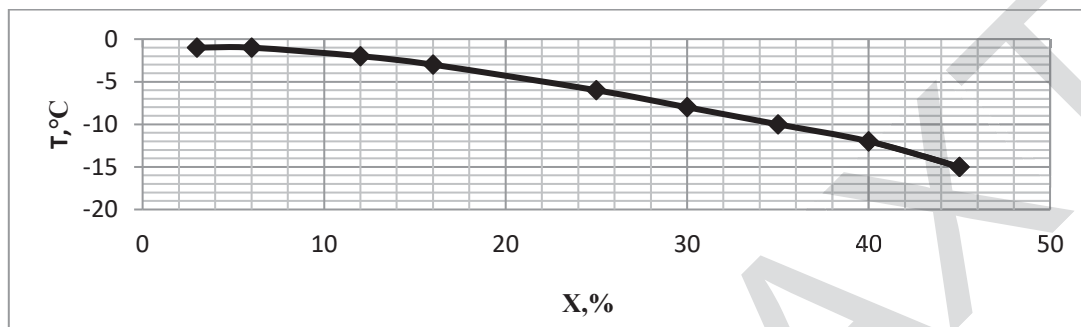


Рис.5. Криоскопічна крива гранатового соку.

Отримана залежність необхідна для визначення рушійної сили процесу кристалізації при виморожуванні гранатового соку і для розрахунку коефіцієнтів масопереносу.

**Кінетика кристалізації.** Досліди по визначенню параметрів процесу кристалізації проводились на стенді, основними елементами якого були пластинчаті кристалізатори, концентратор та холодильна машина. Кристалізатори являлись випарниками холодильної машини, на них утворювався блок льоду. Вимірювальний блок включав мановакуметр, прилади для визначення витрат енергії, пуску, зупинки та включення системи відтайки блоку льоду від поверхні кристалізаторів. Ємність соку, що заповнював концентратор, дорівнювала до 20л. Періодично вимірювались ключові параметри процесу: об'єм розчину, розміри блоку льоду, концентрація розчину, температури поверхні кристалізатора, розчину та блоку льоду. Концентрація визначалась цифровим рефрактометром, температури – тепловізором.

На основі дослідних даних побудовано залежності кінетики формування блоку льоду. Визначено вплив температури кипіння холодильного агента у випарнику на швидкість росту об'єму льоду. Зниження температури кипіння з  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  підвищило інтенсивність кристалізації на 9%. Значний вплив на інтенсивність кристалізації має початкова концентрація соку. Так, при зростанні концентрації із 9 % до 28% питома величина об'єму льоду до одиниці поверхні кристалізатора підвищується майже вдвічі (рис.6).

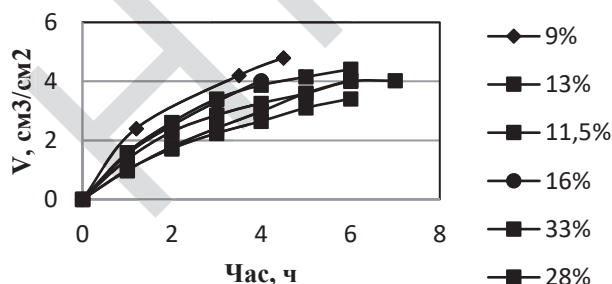


Рис.6 – Кінетика формування блоку льоду.

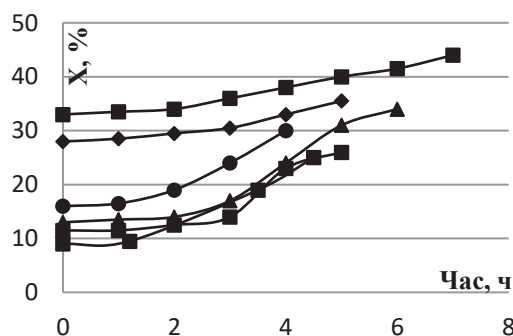


Рис. 7- Зміна концентрацій розчину.



Швидкість зміни концентрації соку залежить від його початкової концентрації та від об'єму залишку розчину у концентраторі (рис.7). Найбільша вихідна концентрація гранатового соку дорівнювала 47 °brix, що перевищує можливості відомих зразків кріоконцентраторів.

**Кінетика сепарування.** Наступний етап технології блокового виморожування – це процес сепарування, від якого залежить якість розділення розчину та втрати продукту із льодом. У всіх дослідях якісна картина процесу була подібна. На першому етапі концентрація стоків дорівнювала концентрації розчину (стікав поверхневий шар). На другому етапі вилучались стоки із об'єму блоку льоду, де температура була нижче, ніж на поверхні. Тому концентрація цих стоків на 5 – 8% перевищувала поверхневі стоки (рис.8). З часом, за рахунок плавлення льоду концентрація стоків зменшувалась (рис.8).

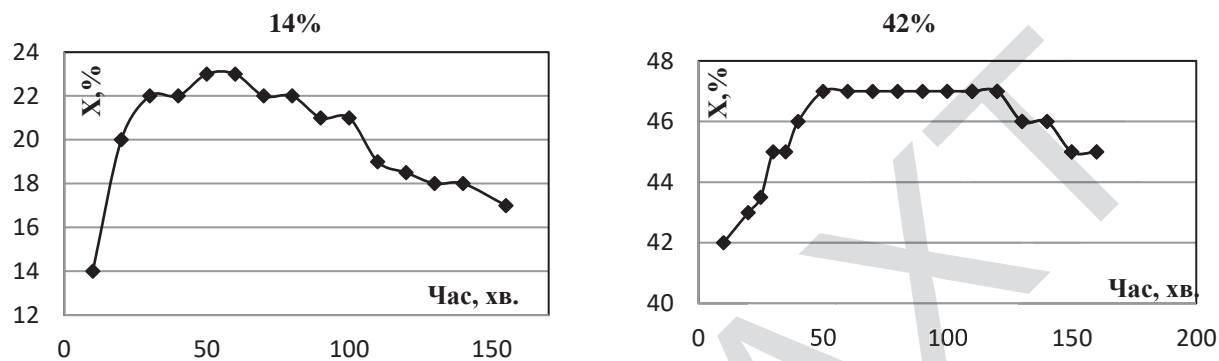


Рис. 8 – Кінетика сепарування гранатового соку при різних початкових концентраціях.

Температурним режимом сепарування можна регулювати залишкову концентрацію в блоці та тривалість процесу.

**Висновки.** Сумісне розв'язання балансових моделей процесів кристалізації та сепарування в апаратах блокового виморожування дозволяє визначати концентрації сухих речовин в блоці льоду при вимірювані концентрації та об'ємів рідких фаз. Характер кріоскопічної лінії свідчить, що гранатовий сік є перспективним для концентрування методом виморожування. Дослідження кінетики його кріоконцентрування в апаратах блокового виморожування показали, що запропоновані технології дозволяють отримати концентрати гранатового соку до 50 °brix, а це суттєво перевищує відомі аналоги.

Економічна ефективність інноваційної технології визначається наступним. Енергетичні витрати на переведення води у тверду фазу в 7 разів менші, ніж у пару. Технологічні переваги в тому, що отримуємо висококонцентрований гранатовий сік з практично повним збереженням поживного потенціалу. Логістична привабливість в тому, що продукт займає менший об'єм, потребує менших витрат енергії при зберіганні та палива при транспортуванні.

#### Література

1. F. Khajehi, M. Niakousari, M. H. Eskandari, M. Sarshar. Production of Pomegranate juice concentrate by complete block cryoconcentration process // Journal of Food Process Engineering, 2015, Vol. 38, Issue 5, pp. 488-498.
2. A. Alogbi, U. Omar, M. Yousr, M. Grace, M. A. Lila, N. Howell. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin // Scientific Research Publishing. Natural Science, 2016, 8, pp. 235-246.
3. S. Chantasiriwan. Simulation of quadruple-effect evaporator with vapor bleeding used for juice heating // International Journal of Food Engineering 2016, Vol. 2, No. 1, pp. 36-41.
4. Manal A. Sorour. Optimization of multiple effect evaporators designed for fruit juice concentrate // American Journal of Energy Engineering, 2015, pp. 6-11.
5. Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК - Одесса: Полиграф 2009 - 288с.
6. Бурдо О.Г., Милинчук С.И., Мордынский В.П., Харенко Д.А. Техника блочного вымораживания Одесса: Полиграф, 2011 - 294с.

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

СПОСОБИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВОЛОГОВИДАЛЕННЯ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ	
<b>Снежкін Ю.Ф., Гусарова О.В., Шапар Р.О.</b> .....	182
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ФИТОЭСТРОГЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ	
<b>Петрова Ж. А., Слободянюк Е. С.</b> .....	186
СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ	
<b>Петрова Ж. О.</b> .....	192
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ	
<b>Гоженко Л. П., Коник А. В., Радченко Н. Л., Целень Б. Я., Недбайло А. Є.</b> .....	195
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА МИКРОВОЛНОВОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ЭКСТРАКТОРА КОФЕ	
<b>Левтринська Ю.О., Терзиев С.Г.</b> .....	200
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕФЕКТИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ НА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ	
<b>Авдєєва Л. Ю., Макаренко А. А.</b> .....	209
ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АЕРАЦІЙНО-ОКИСНЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ РОТОРНОГО ТИПУ НА ПРОЦЕС ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ	
<b>Ободович О.М., Сидоренко В. В.</b> .....	211
ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО БЛАНШУВАННЯ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ ЕКСТРАГУВАННЯ	
<b>Чорний В. М., Прищепя Ю. Ю., Лапіна Н. В., Мисюра Т. Г., Попова Н. В.</b> .....	215
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАСТОЮВАННЯ ПЛОДІВ КИЗИЛУ	
<b>Степанчук М.С., Лапіна Н.В., Чорний В.М., Мисюра Т.Г., Попова Н.В.</b> .....	219
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАСТОЮВАННЯ ПЛОДІВ ЖУРАВЛИНИ	
<b>Бараловська О. В., Прищепя Ю. Ю., Чорний В. М., Мисюра Т. Г., Попова Н. В.</b> .....	223
КІНЕТИКА СУШІННЯ НАСІННЯ СОЛЯШНИКУ ТА СОЇ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ	
<b>Бандура В.М., Маренченко О. І., Пилипенко Є. О., Катасонов О. В.</b> .....	226
СУШАРКИ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ	
<b>Яровий І.І., Катасонов О.В.</b> .....	232
ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ	
<b>Зыков А.В., Резниченко Д.Н., Безбах И.В.</b> .....	242
БАЛАНСОВІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ, КІНЕТИЧНІ ТА ФАЗОВІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ВИМОРОЖУВАННЯ СОКІВ	
<b>Бурдо О.Г., Мординський В.П., Давар Ростами Пур</b> .....	244
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТИВНОЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНВЕСЕРНИХ ВІБРАЦІЙНИХ СУШАРОК ПРИ ОБРОБЦІ СИПКОЇ СИРОВИНИ	
<b>Паламарчук І. П.</b> .....	250
МАСООБМІН ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ КАВИ АКТИВОВАНИМ ЕКСТРАГЕНТОМ	
<b>Вігенько Т.М., Городиський Н.І.</b> .....	254
БАЛАНСОВІ МОДЕЛІ ТА ФАЗОВІ РІВНОВАГИ ПРИ КРІОКОНЦЕНТРУВАННІ ГРАНАТОВОГО СОКУ	
<b>Бурдо А.К., Давар Ростами Пур, Стоянова О. М., Драгні О. І.</b> .....	260
МАШИНА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАННЯ ПЕРА ПТИЦЬ	
<b>Всеволодов А.Н., Романов С.О.</b> .....	266
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВАКУУМНАЯ СУШИЛКА	
<b>Бурдо О. Г., Мордынский В. П., Светличный П. И., Ананийчук Э. Ю.</b> .....	270
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ОДИНИЧНИХ КРАПЕЛЬ КРОХМАЛЬНОЇ ПАТОКИ ИГ-30 ЯК ОБ'ЄКТУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ	
<b>Шаркова Н. О., Турчина Т. Я., Жукотський Е. К., Декуша Г. В., Костянець Л. О.</b> .....	275
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ	
	279