

лодком, та сильний, тонкий аромат, дуже схожий на духм'яний перець. Це обумовлено більшою кількістю есенції, ніж у чорному (12 % у кубеба, до 4 % у чорному). Він може замінювати одночасно чорний та духм'яний перець у рецептурі, до-

даючи гостроту та ароматність, а більша кількість есенції та тонко дисперсне подрібнення дозволить використовувати незначні кількості цього інгредієнту без втрати якості готового продукту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Жукевич, О. Виробництво та споживання соусів в Україні [Текст] / О. Жукевич, Г. Рудавська // Товари і ринки. –2012. –№ 1 –С. 37–45.
2. Обзор рынка соусов Украины / режим доступу: <http://rb.com.ua/rus/marketing/tendency/8660/> – заголовок з екрану.
3. Наденко, Е. Верес – год обновления [Текст] / Е. Наденко // Продукты & ингредиенты. –2012. – № 11 –С. 42–43.
4. МакКенна, Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы [Текст] / Б.М. МакКенна (ред.); пер. с англ. под ред. Ю.Г. Базарновой. — СПб. : Профессия, 2009. — 480 с.
5. Сами с соусами / Департамент аналитики ООО "Маркетинговая компания Синергия" // Продукты Украины. FOOD UA. –2011. – № 1. – С. 52–61.
6. Мостовая, И. Соусно-майонезная группа [Текст] / И. Мостовая // Продукты & ингредиенты. –2012. – № 8 –С. 60–63.
7. Васильева, Н. Dress-ход // Бизнес. – 2006, № 7. – С. 108-110.
8. Сами с соусами / Департамент аналитики ООО "Маркетинговая компания Синергия" // Продукты Украины. FOOD UA. –2011. – № 1. – С. 52–61.
9. Павлюк, Р.Ю. Товароведение и инновационные технологии переработки лекарственно-технического растительного сырья : учебное пособие [Текст] / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, В.В. Яницкий, В.А. Павлюк, Л.М. Соколова, Н.В. Коробец, Н.Ф. Максимова // Харьк. гос. ун-т питания и торговли; Харьк. торг.-эконом. инс-т Киевск. нац. торг – эконом, ун-та. – Харьков, 2013. – 429 с.
10. Верхивкер, Я.Г. Разработка параметров предварительной подготовки специй при производстве соусов и кетчупов на томатной основе [Текст] / Я.Г. Верхивкер, В.В. Ефремов // Харчова наука і технологія –№4, – 2011, – с. 99–100.

Отримано редакцією 11.2013 р.

УДК 664.012.3:005.584.1

БУРДО А.К., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ БЛОЧНОГО ВИМОРОЖУВАННЯ ВОДИ ІЗ ХАРЧОВИХ РОЗЧИНІВ

Наведено аналіз методів експериментального моделювання процесів кристалізації води з харчових розчинів. Аналіз проведено для технологій блочного виморожування. Порівнюються конструкції стендового обладнання. Наведено зведення діапазону експериментальних досліджень. Обговорюються принципи узагальнення результатів експериментів, прийняті різними авторами.

Ключові слова: кристалізація, блочне виморожування, моделювання.

The analysis of methods of experimental modeling of processes of crystallization of water from food solutions is submitted. The analysis is carried out for technologies of a block vymorazhivaniye. Designs of the bench equipment are compared. The report of range of pilot studies is provided. The principles of generalization of results of the experiments, accepted by various authors are discussed.

Keywords: crystallization, block freezing, modeling.

Технологія блочного виморожування води з розчинів, технічна ідея якої захищена в [1], а перші дослідження виконані в дисертації [2], приверта до себе широкий інтерес дослідників. Простота конструкції і надійність в експлуатації, енергетична ефективність і високу якість кріоконцентрата відрізняють цю технологію від традиційних методів концентрування. Перспективність технології підтверджена в різних галузях харчових виробництв: при концентрування молочної сироватки [3], соків [4, 5], різних екстрактів [5, 6], виноматеріалів [7], сольових [9] і цукрових [10] розчинів. Наукові та технічні основи процесів блочного виморожування представлені і в

монографіях [12, 13]. Проблема удосконалення конструкції блочних виморожувачів і впровадження їх у виробництво присвячені роботи [12, 13]. Разом з цим, досить цікавий матеріал, який отримано в цих роботах, ще не узагальнено.

Аналіз стану питання. Розглянемо основні завдання, умови дослідів і їх результати, які отримані різними авторами. Авторів, що займалися цим питанням, об'єкти та умови досліджень можна навести так:

1. Бурдо О.Г. - творожна виворотка, вода; ЕК, X = (5... 37)%;

$t_x = -30^{\circ}\text{C}$; ТСК-1.

2. Аль-згул-Бассам – молочна сироватка; ЕК, X = (5... 37)%;

$t_x = (-5...-15)^{\circ}\text{C}$; m = (0,14...0,5)кг/(м² мин); Ст 1, Ст. 2, Ст 3, Бл9.

3. Мординський В.П. – сік виноградний, молочна сироватка, екстракт кави; ЕК, МП, ЦП, X = (5... 37)%; $t_x = (-5...-15)^{\circ}\text{C}$; m = (0,15...0,3) кг/(м² мин); Ст. 2, Ст 3, Ст.4, Ст.5, Бл9, Бл.20.

4. Коваленко О.А. – сік абрикосовий та вишневий; ЕК, X = (12... 45)%; $t_x = (-10...-20)^{\circ}\text{C}$; m = (0,06...0,2)кг/(м² мин); Ст. 2, Ст 3, Бл9.

5. Тележенко Л.М., Бурдо А.К. - сік з столового буряку; ЕК, X = (12... 45)%; $t_x = (-10...-20)^{\circ}\text{C}$; m = (0,1...0,25)кг/(м² мин); Ст. 2, Ст 3, Бл9.

6. Ремінна Л.П. - екстракти кориці, шипшини, гвоздики і мускатного горіху; ПМ, X = (5... 40)%; $t_x = (-6...-20) ^\circ\text{C}$; Ст. 6.

7. Осипова Л.А., Радионова О.В. – сухі столові виноматеріали; ЕК, X = (1,17... 3,65)%; $t_x = (-10...-20) ^\circ\text{C}$; C = (4,5...13,7)%; Ст. 2, Ст 3, Бл9.

8. Євдокімова О.А. – морська вода, стоки, розчини солей; ЕК, X=(0,1... 0,27)%; $t_x = (-10...-20) ^\circ\text{C}$; Ст. 2

9. Мілінчук С.І. – розчини цукрози, солі, спирту; ЕК, X = (12... 45)%; $t_x = (-10...-20) ^\circ\text{C}$; Ст.7, БР-50

10. Харенко Д.А. – дифузійний сік цукрового буряку; ЕК, X = (10... 45)%; $t_x = (-10...-35) ^\circ\text{C}$; Ст.6, Бл.6, БЛН-50

У тексті прийняті наступні скорочення: ЕК - природна конвекція; МП - перемішування мішалкою; ЦР - циркуляційне перемішування; ПМ - пульсаційне перемішування; АП - акустичне перемішування; С - концентрація спирту; X - концентрація сухих речовин; t_x - температура по -поверхні кристалізатора; m - приведена інтенсивність утворення твердої фази (льоду).

Досліди проводилися на 8 стендах і на 5 дослідних зразках виморожуючих установок, які зроблені і виготовлені в ОНАХТ. Основні конструктивні характеристики стендів і установок наведені в табл.1.

Таблиця 1

Характеристики стендів і установок

Тип	Принципальні відміни	Конструктивні параметри
ТСК-1	Аміачний термосифонний кристалізатор, посуд Дьюара з розчином в низькотемпературній кліматичній камері	d = (6 и 8)мм, h = 0,5м, V = 1л
Ст 1,	Кристалізатор – трубка Фільда, ВДО-0,35, хладоносій – водоглицеринова суміш	d = 10мм, h = 0,2м, V = 0,2л
Ст. 2,	Кристалізатор – трубка Фільда, ВДО-0,35, хладоносій – водоглицеринова суміш	d = 18мм, h = 0,2м, V = 0,4л
Ст 3	Кристалізатор – трубка Фільда, ВДО-0,35, хладоносій – водоглицеринова суміш	d = 23мм, h = (0,2 и 0,42)м, V = 0,4л
Ст 4	Змійовиковий кристалізатор з безпосереднім кипінням R12, лопастна мішалка	d = 18мм, h = 0,3м, V = 3л
Ст 5	Циліндричний кристалізатор – трубка Фільда з безпосереднім кипінням R12, нижня подача R12	d = 47мм, h = 0,5м, V = 5л
Ст.6	Плоский горизонтальний кристалізатор з безпосереднім кипінням R12, пульсуюча перфорована мішалка	Площа (0,3 x 0,125)м, V = 2,5л
Ст.7	Дисковий кристалізатор з можливістю візуалізації льодостворення і зміни орієнтації, ВДО-0,35, хладоносій – водоглицеринова суміш	d = 100мм, h = 20 мм, V = 0,2л
Бл6	Циліндричний кристалізатор – трубка Фільда з безпосереднім кипінням R22, верхня подача R22	d = 47мм, h = 0,5м, V = 6л
Бл9	Циліндричний кристалізатор – трубка Фільда з безпосереднім кипінням R12, верхня подача R12	d = 47мм, h = 0,85м, V = 9л
Бл.12	Плоский вертикальний кристалізатор з безпосереднім кипінням R22, ХМ ВС300(2)	Площа (0,25 x 0,4)м, товщина 5мм. V = 12л
БР-50	Занурювальний кристалізатор, воздушний конденсатор, плавитель льоду в режимі рециклінга	d = 23мм, h = 0,6м, V = 50л
БЛН-50	5 змійовикових кристалізаторів з безпосереднім кипінням R12	

У табл.1 прийняті наступні скорочення: ХМ - холодильна машина; d - зовнішній діаметр трубки кристалізатора; h - висота трубки кристалізатора; V - об'єм ємності концентратора (обсяг розчину).

Основний обсяг експериментальних даних отримано на стендах Ст.2, Ст.3, Ст.4 і на установці блочного виморожування Бл-9. Основні завдання, які вирішувалися в експериментах, це визначення можливостей використання технологій блочного виморожування для кріоконцентрування різних харчових розчинів. Результати досліджень зводилися до визначення умов фазових рівноваг (кріоскопічних кривих), кінетики формування блоку льоду зростання концентрації розчину, параметрів процесу гравітаційного сепарування. Бази експериментальних даних у більшості

випадків узагальнювались залежністю масооб'ємного числа Шервуда від числа Релея.

Нові наукові результати представлялися авторами моделями кінетики виморожування із зазначенням діапазонів рекомендованого застосування (табл. 2).

У табл.2 прийняті наступні позначення: Sh - число Шервуд, Pr - число Прандтля, Re - число Рейнольдса, Sc - число Шмідта, Ra - число Релея, Gr - число Грасгофа.

Видно, що різні автори використовують при моделюванні різні фізичні уявлення про визначальний вплив конструктивних факторів і режимних параметрів на кінетику формування блоку льоду.

Висновки. В результаті численних досліджень кінетики кристалізації при блочному

виморожуванні сформована представницька база експериментальних даних. Досліджено процеси кристалізації води з соків, екстрактів, виноматеріалів, молочних продуктів. Апробовані різні принципи організації процесу виморожування. Накопичений експериментальний матеріал може служити основою для створення загальної теорії кристалізації води з харчових розчинів при блочному виморожуванні.

Таблиця 2

Зведення моделей по кінетиці виморожування

№	Модель	Рік, джерело
1	2	3
1	$Sh = 3,59 Ra^{0,8} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{0,33} \left[\frac{d_{KP}}{h_{KP}} \right]^{1,51}$ (1) продукт – молочна сироватка	1994 [3]
2	$Sh = 0,0095 Ra^{0,2} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{1,2}$ (2) продукт – екстракт кави, молочна сироватка, виноградний сік	1995 [4]
3	$Sh = Ra^{0,41} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{0,33} \left[\frac{d_{KP}}{h_{KP}} \right]^{0,4}$ (3) продукт – абрикосовий і вишневий сік	1997 [5]
4	$Sh = 0,348 Ra^{0,35} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{0,33} \left[\frac{d_{KP}}{h_{KP}} \right]^{0,4}$ (4) продукт – сік столового буряку	1999 [6]
5	$Sh = 0,41 Ra^{0,31} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{0,33} \left[\frac{r_K - r_{II}}{h_{II}} \right]^{0,21}$ (5)	2001 [11]

Кінець таблиці 2

1	2	3
5	$\iota = 0,75 \iota_0 \varphi_1 (Bi)_d^{0,1}$ (час виморожування) продукт – молочна сироватка	(6) 2001 [11]
6	$Sh = 2 * 10^8 Ra^{-0,42} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{0,33} \left[\frac{l_{KP}}{\delta_p} \right]^{1,51}$ (7) продукт – білі і червоні столові сухі виноградні виноматеріали	2006 [8,9]
7	$Sh = 1,3 * 10^{-3} (GrSc)^{0,86}$ (з перемешуванням) (8) $Sh = 9,67 Re_M^{0,31} Sc^{0,64} \left[\frac{d_{KP}}{h_{KP}} \right]^{0,87}$ (без перемішування) (9) продукт – морська вода, стоки, розчини солі	2007 [10]
8	$Sh = 8 * 10^{14} Ra^{-0,8} \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{0,33} \left[\frac{l_{KP}}{\delta_p} \right]^{0,52}$ перемішування (10) $Sh = 3 * 10^4 Re^{0,32} Sc^{0,47} \left[\frac{l_{KP}}{\delta_p} \right]^{-2,19}$ (з перемішуванням) (11) продукт – екстракти кориці, шипшини, гвоздики і мускатного горіха	2008 [7]

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Бурдо О.Г., Горькин С.Ф., Дарманьян Е.Б. Способ получения вымораживанием концентрированных жидких продуктов пищевых производств. Патент. № 1716976 (СССР) Б.И.1992, №8.
- Бурдо О.Г. Совершенствование процессов и аппаратов пищевой и холодильной технологий на основе автономных теплореледающих устройств. – Дис. докт. техн. наук. Одесса, 1988. – 526 с.
- Аль-згул-Бассам. Тепломассоперенос при концентрировании молочной сыворотки методом блочного вымораживания. – Автореферат дис. канд. техн. наук. Одесса, 1994. – 16 с.
- Мордынский, В.П. Изучение влияния различных методов разрушения пограничного слоя при блочном вымораживании пищевых гидкостей [Текст] / В.П. Мордынский // «Наукові праці ОНАХТ», Одеса – 2006. – Вип. 28, Т.2. – с.86-90.
- Бурдо, О.Г. Кінетика формування блоку льоду при криоконцентруванні харчових рідин [Текст] / О.Г. Бурдо, О.О. Коваленко // Наукові праці ОНАХТ. – 1996. – Вип.16. – с.248 – 252.
- Бурдо А.К. Розробка технології стабілізованого бурякового криоконцентрату. – Автореферат дис...канд. техн. наук. Одеса, 2000. – 15 с.
- Реминная, Л.П. Применение способа блочного вымораживания для концентрирования экстрактов растительного сырья [Текст] / Л.П. Реминная // 36. наук. пр. молодых ученых, асп. та студ. ОНАХТ. – ОНАХТ:Одеса, 2007. – С.103-105.
- Радионова, О.В. Исследование основных этапов технологии низкотемпературного фракционирования столовых сухих вин [Текст] / О.В. Радионова, Л.А. Осипова, О.Г. Бурдо // Холодильная техника и технология, 2006. – № 2(100). – с. 67-72.
- Бурдо, О.Г. Обобщение результатов экспериментальных данных по процессам блочного вымораживания столовых сухих вин [Текст] / О.Г. Бурдо, О.В. Радионова, Л.А. Осипова // Наукові праці ОНАХТ. - Одеса:2006. – Вип.28. – Т.2. – с. 58-66.
- Евдокимова, О.А. Применение метода вымораживания для водоподготовки в пищевых производствах [Текст] / О.А. Евдокимова, Е.А. Коваленко // 36. наук. пр. ОНАХТ. – 2006. – Вип. 28. – Т.1. – с.110-115.
- Бурдо, О.Г. Моделирование процесів тепломассопереносу при блочному виморожуванні [Текст] / О.Г. Бурдо, С.І. Мілінчук, О.О. Коваленко // 36. наук. пр. ОНАХТ, вип.. 20. – Одеса, 1999. – с. 214-218.
- Бурдо, О.Г. Техника блочного вымораживания [Текст] / О.Г. Бурдо, С.И. Милинчук, В.П. Мордынский, Д.А. Харенко – Одесса: «Полиграф», 2011. – 294 с.
- Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК – Одесса: «Полиграф», 2009. – 288 с.

Отримано редакцією 11.2013 р.