

Література

1. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини / В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський, М.Г. Михайлов // Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2005. – 408с.
2. Білько М.В. Дослідження динаміки біологічно-активних речовин фенольної природи при екстрагуванні пряно-ароматичної сировини / М.В. Білько, І.В. Добоній // Виноград. — 2011. — Том ХІІ, Ч. 2 — С. 110 — 114.
3. Осипова Л.А. Функциональные напитки на основе пряно-ароматического растительного сырья / Л.А. Осипова, Л.В. Капрельянц // Пищевая промышленность. — 2007. — № 9. — С. 74 — 75.

УДК 664.1.054

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ В КОМІРЦІ РОЗЧИНУ САХАРОЗИ ПРИ ЇЇ ОДНОЧАСНОМУ КОНТАКТУ З ПАРОВОЮ БУЛЬБАШКОЮ ТА КРИСТАЛОМ ЦУКРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАЛИХ АБО ЗМІННИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМІРОК ПРИ МАСОВІЙ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЦУКРУ

Погорілий Т. М., канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Представлено результати досліджень зміни температури комірки розчину сахарози при її одночасному нестационарному контакті з паровою бульбашкою та кристалом цукру в залежності від сталих або змінних коефіцієнтів теплофізичних характеристик по кожній області із системи комірок при масовій кристалізації цукру.

The results of temperature change cell sucrose solution studies at its unsteady simultaneous contact with steam bubble and sugar crystal depending on constant or variable coefficients of the each cell system region thermal characteristics in the mass crystallization of sugar is presents.

Ключові слова: температура, сталі теплофізичні коефіцієнти, змінні теплофізичні коефіцієнти.

Вступ. наступним етапом при створенні математичної моделі асиметричного процесу рекристалізації [1] при масовій кристалізації цукру є створення математичної моделі процесу теплообміну між коміркою парової бульбашки, коміркою міжкристального розчину та коміркою кристалу цукру, що одночасно контактують між собою при масовій кристалізації цукру. Дана математична модель базується на основі чисельного розв'язку нестационарної задачі теплопровідності для згаданих вище областей комірок в одновимірному (по координаті) випадку. Врахування змінних теплофізичних характеристик для кожної комірки згаданої вище системи призводить відповідно до віднаходження самих цих залежностей (у вигляді регресійних кривих) та суттєве збільшення машинного часу розрахунку кожної окремої такої задачі теплопровідності. З іншого боку отримуємо математичну модель, яка є більш адекватно описує реальний фізичний процес протікання масової кристалізації цукру. Тому, необхідно було провести дослідження залежностей зміни температури в комірці розчину сахарози, що одночасно контактує з паровою бульбашкою та одним кристалом цукру з встановленням, яким саме чином змінюється величина температури при сталих або змінних теплофізичних характеристиках в кожній комірці протягом всього часу їх одночасного контакту.

Постановка задачі. знайти величини змін температур в системі парова бульбашка–міжкристальний розчин сахарози–кристал цукру, при умові, що теплофізичні характеристики (коефіцієнт теплопровідності та коефіцієнт температуропровідності) для:

- парової бульбашки — є одночасно сталими (фіксуються для початкової температури проведення розрахунків), або обидва є змінними і залежать від температури самої парової бульбашки;

- міжкристального розчину сахарози — одночасно є сталими, або ж коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{розч}$ залежить від поточних значень CP (сухих речовин) та температури T міжкристального розчину $\lambda_{розч} = \lambda_{розч}(CP, T)$, а коефіцієнт температуропровідності a залежить від CP , φ (чистоти) та температури T міжкристального розчину сахарози $a_{розч} = a_{розч}(CP, \varphi, T)$;

- кристалу цукру — також одночасно є сталими, або ж коефіцієнти теплопровідності та коефіцієнт температуропровідності залежать поточної температури кристалу цукру.

Зауважимо, що існує лише вісім випадків, коли в розглянутих задачах теплопровідності теплофізичні характеристики коефіцієнтів теплопровідності та температуропровідності або одночасно змінюються для кожної з комірок, або ж залишаються сталими. В даній роботі розглянемо лише п'ять з таких випадків, а саме коли всі теплофізичні коефіцієнти сталі (позначимо температуру розчину в даному випадку через $T_{розч\ 000}$), всі змінні ($T_{розч\ 111}$), та змінні лише в одній з комірок, а решта залишаються сталими (випадок змінних лише в області парової бульбашки позначимо $T_{розч\ 100}$; в області міжкристального розчину сахарози — $T_{розч\ 010}$; а змінних лише в області кристалу цукру — через $T_{розч\ 001}$).

Розв'язання задачі. Для розв'язання нестационарної задачі теплопровідності зі сталими або змінними коефіцієнтами теплопровідності та температуропровідності для трьох одночасно контактуючим між собою одновимірних областям було застосовано чисельний метод, а саме метод контрольного об'єму [2, 3].

В зв'язку зі значною складністю поставленої задачі по врахуванню всіх параметрів, що впливають на процес проходження масової кристалізації цукру, було зроблено ряд припущень. Від створеної об'ємної моделі системи комірок парова бульбашка–міжкристальний розчин сахарози–кристал цукру було зроблено перехід до еквівалентної моделі в одновимірному випадку. Чисельні розрахунки по визначенню величин температур в комірці міжкристального розчину було проведено окремо в такі моменти відносного часу уварювання цукрового утфелю: $\tau/\tau_{ц} = 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0$.

У всіх випадках проведення розрахунків початкова температура комірки парової бульбашки приймалась рівною $T_{пар} = 60^{\circ}\text{C}$, що відповідає температурі насиченої пари при робочому тиску у вакуум-апараті рівному $p = 2,0 \cdot 10^4$ Па. Початкова температура комірок міжкристального розчину сахарози та комірки кристалу цукру приймалась рівною $T_{розч} = T_{крист} = 75^{\circ}\text{C}$, що також відповідатиме вже прийнятому середньому робочому тиску в вакуум-апараті $p = 2,0 \cdot 10^4$ Па.

У випадку розв'язання задачі теплопровідності при змінних коефіцієнтах теплопровідності та коефіцієнтах температуропровідності для кожної з областей було проведено математичне моделювання по визначенню цих коефіцієнтів шляхом пошуку регресійних рівнянь на основі методу найменших квадратів. Дані для теплофізичних характеристик розчину міжкристального розчину сахарози та кристалу цукру брали з [4, 6], а дані для теплофізичних характеристик парової бульбашки взято з [5-6].

Результати отриманих змін середніх по координаті температур в комірці міжкристального розчину сахарози для випадку відносного часу уварювання цукрового утфелю при $\tau/\tau_{ц} = 0,15$, наведено на рис. 1.

Як видно з графіків рис. 1, розрахунок температур в комірці міжкристального розчину сахарози суттєво залежить від того, чи враховувались залежності коефіцієнтів теплопровідності та температуропровідності від відповідних чинників по кожній комірці (області), чи ні. Випадок, коли ці теплофізичні коефіцієнти сталі для всіх трьох комірок ($T_{розч\ 000}$) на рис. 1 виділений маркерами у вигляді кружечків. Випадок, коли ці теплофізичні коефіцієнти є змінними одночасно для кожної з розглянутих комірок ($T_{розч\ 111}$) — відмічено маркерами у вигляді зірочки. В даному випадку, як видно з рис. 1, досягається більш глибокий мінімум по температурі для комірки міжкристального розчину сахарози, а також збільшується час контакту в системі комірок, коли досягається відповідний мінімум, в порівнянні з розрахунками, проведеними при сталих теплофізичних характеристиках. На основі рис. 1 та проведеного аналізу табличних даних отриманих температур, встановлено, що врахування змінних теплофізичних характеристик лише для області комірки міжкристального розчину ($T_{розч\ 010}$) або лише для комірки кристалу цукру ($T_{розч\ 001}$), — впливають на зміну характеру кривої середніх температур комірки міжкристального розчину сахарози не в достатній мірі в порівнянні випадком, коли всі теплофізичні коефіцієнти залишаються сталими ($T_{розч\ 000}$). Випадок, коли враховано змінні теплофізичні характеристики лише для області парової бульбашки ($T_{розч\ 100}$) досить близький до випадку з врахуванням змінних теплофізичних характеристик по всім трьом областям ($T_{розч\ 111}$) одночасно, (рис. 1).

Таким чином, заслуговують уваги два граничних випадки: всі теплофізичні коефіцієнти по всім областям сталі, та випадок, коли вони всі змінні. В таблиці 1 наведено час контакту, коли досягається мінімальне значення середньої по координаті температури в комірці міжкристального розчину сахарози, що одночасно контактує з коміркою парової бульбашки та коміркою кристалу цукру, для наступних двох випадків: 1) всі теплофізичні коефіцієнти всіх областей сталі ($T_{розч\ 000}$); 2) всі теплофізичні коефіцієнти є одночасно змінними ($T_{розч\ 111}$) для всіх трьох комірок системи протягом всього часу уварювання цукрового утфелю.

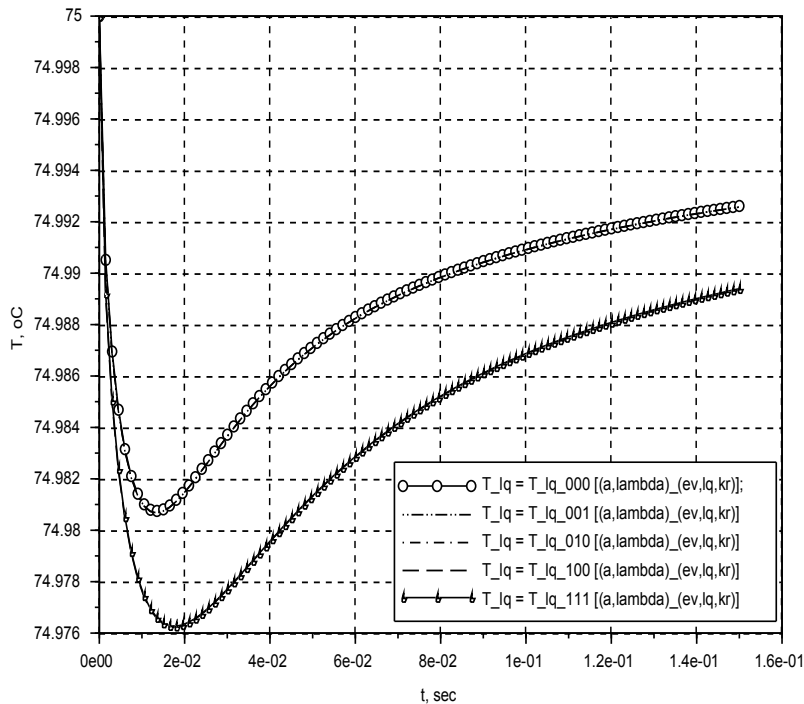


Рис. 1 – Графік залежності середньої по координаті температури комірки міжкристального розчину сахарози від часу контакту з коміркою парової бульбашки та комірки кристалу цукру

Таблиця 1 – Час контакту комірки між кристального розчину сахарози з коміркою парової бульбашки та коміркою кристалу цукру

$\tau/\tau_{\text{ц}},$ с/с	$T_{\text{розч } 000}$ °C	$t_{\text{min розч } 000}$ с	$T_{\text{розч } 111}$ °C	$t_{\text{min розч } 111}$ с
0,15	74,98074711	0,013350	74,97626401	0,017600
0,2	74,98066454	0,013325	74,97616216	0,017575
0,3	74,98054576	0,013325	74,97601580	0,017525
0,4	74,98048602	0,013300	74,97594300	0,017500
0,5	74,98045484	0,013300	74,97590455	0,017500
0,6	74,98044868	0,013300	74,97589696	0,017500
0,7	74,98044637	0,013300	74,97589411	0,017500
0,8	74,98043684	0,013300	74,97588236	0,017500
0,9	74,98044099	0,013300	74,97588748	0,017500
1,0	74,98044099	0,013300	74,97588748	0,017500

Як видно з табл. 1, в обох випадках час контакту комірки міжкристального розчину сахарози з коміркою парової бульбашки та коміркою кристалу цукру, по досягненню коміркою міжкристального розчину свого мінімального значення, зменшується під кінець уварювання цукрового утфелю.

Висновок. Отримані результати розрахунків п'яти задач нестационарної теплопровідності при сталих та змінних теплофізичних характеристиках для відповідних випадків системи комірок парова бульбашка–міжкристальний розчин сахарози–кристал цукру дають змогу провести порівняння отриманих даних. В зв'язку з кращим наближенням до реального фізичного протікання процесу масової кристалізації цукру, в математичній моделі теплообміну між вказаними комірками надалі необхідно використовувати саме змінні теплофізичні характеристики одночасно для комірок системи парова бульбашка–міжкристальний розчин сахарози–кристалу цукру. Час контакту досягнення мінімального значення температури в комірці міжкристального розчину сахарози, що одночасно контактує з комірками парової бульбашки та кристалу цукру становить $t_{\text{min}} = 0,0175\text{--}0,0176$ с, і зменшується під кінець уварювання цукрового утфелю.

Література

1. Погорель Т. М., Мирончук В. Г. Математическое моделирование процесса рекристаллизации на основании аналитических решений нестационарных задач теплопроводности в двухмерном случае для прямоугольных областей с неоднородными (непрерывными и разрывными на одной из сторон) граничными условиями и неоднородными начальными условиями // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену, 10–13 сентября 2012 г. – Том 1, Часть 2. – Минск.: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2012. – С. 761–764.
2. Патанкар С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 152 с.
3. Патанкар С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течениях в каналах. — М.: Изд-во МЭИ, 2003. — 312 с.
4. Попов В. Д. Основы теории тепло- и массообмена при кристаллизации сахарозы. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 320 с.
5. Ривкин С. Л., Александров А. А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. — М.: Энергия, 1980. — 423 с.
6. Кулинченко В. Р., Мирончук В. Г. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: Монография. — К.: НУПТ, 2012. — 426 с.

УДК 663.938.061.3.086

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА КОФЕ

Терзиев С.Г., канд. техн. наук, Левтринская Ю.О., аспирант,
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В работе рассмотрены современные технологии экстрагирования с использованием микроволнового поля. Показаны результаты применения комбинированных методов, которые позволяют достигнуть положительных результатов при экстрагировании компонентов. Приведены результаты отечественных и зарубежных исследований. Проведено сравнение с традиционными методами. Предложена принципиальная схема повышения эффективности использования сырьевых ресурсов и энергии при производстве экстрактов кофе.

In this work new technologies of extraction with using microwave field are revived. Results of using combining methods, which one offer to reach positive results in extraction. Results of domestic and foreign investigations are shown. The comparison with traditional methods are performed. A basic scheme for more efficient use of raw materials and energy in the production of coffee extracts are offered.

Ключевые слова: Экстрагирование, микроволновые технологии, кофе, экстракт, бародиффузия

Введение. Производство растворимого кофе включает в себя различные этапы подготовки и обработки сырья (обжарка, дробление), получения экстракта и его сушки. Извлечение ценных компонентов из кофейного сырья представляет собой сложный процесс в первую очередь из-за его капиллярной структуры, из которой сложно извлечь целевые компоненты. Наиболее массово применяется технология экстрагирования горячей водой под давлением – далее будем называть ее традиционной. При использовании высокого давления появляется возможность разогревать кофейное сырье до 180°C, что значительно интенсифицирует процесс экстрагирования. Однако традиционная методика экстрагирования имеет ряд недостатков, среди которых большая длительность процесса (7-8 часов), техническая сложность конструкций, их металлоемкость, из-за высокой температуры разрушаются легколетучие вкусоароматические компоненты (до 80% от начального содержания в обжаренных кофейных зернах). При применении традиционной методики экстрагирования выход целевых компонентов составляет от 20 до 33% от массы сырых кофейных зерен [1]. Экстракт, полученный с использованием традиционной методики экстрагирования, это энергоёмкий и дорогой продукт.

Экономически выгодные экстракты сегодня производят на основе инновационных подходов с привлечением микроволновой энергии, ультразвука и пр. Предполагается, что направленное воздействие позволит извлекать целевые вещества из микрокапилляров сырья. [1, 2]