

ЗМІНА ТЕМПУ ОХОЛОДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННОЇ РІДКОЇ СИСТЕМИ ЗА УМОВ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЇЇ СТРУКТУРИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджена система «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – гетерогенна рідка система біологічного походження в циліндричному об'ємі» в умовах нестационарних теплових процесів. Доведена можливість існування регулярного теплового режиму в даній системі, що дозволяє проводити подальше вдосконалення методів прогнозування інтенсивності теплообміну в складних середовищах.

Ключові слова: двофазна система, багатокомпонентна суміш, інтенсивність теплообміну, продукт, термічна обробка, логарифм надлишкової температури, регулярний тепловий режим.

Abstract

The system "water in a circular volume - a thin cylindrical metal wall - a heterogeneous liquid system of biological origin in a cylindrical volume" under conditions of non-stationary thermal processes is investigated. The possibility of the existence of a regular thermal regime in this system is proved, which allows further improvement of the methods of forecasting the intensity of heat transfer in complex environments.

Key words: two-phase system, multicomponent mixture, heat transfer intensity, product, heat treatment, logarithm of excess temperature, regular thermal regime.

Вступ

Для молочного виробництва характерна висока ступінь складності виробничих процесів, які пов'язані із випуском багатоасортиментної продукції. Теплова обробка молока – це цілий комплекс режимів дії температури на продукти та напівпродукти в технологічних процесах.

Тому для використання гетерогенної рідкої системи біологічного походження необхідне її поглиблене вивчення. Створення методів визначення інтенсивності теплообміну молочних продуктів є перспективним напрямком для впровадження енергоефективних технологій в харчовій промисловості.

Результати дослідження

Для раціонального використання наукових досягнень в харчовій промисловості необхідно мати надійну інформацію про теплофізичні властивості продуктів, які використовуються, а саме їх зміну при нагріванні, охолодженні, зберіганні, транспортуванні, тощо. Від знань та можливості аналізу теплофізичних властивостей продуктів залежить вибір методу режиму теплової обробки [1].

Кисломолочним продуктом називається продукт, який виробляється в результаті ферментації молока, вершків, сироватки за допомогою спеціальних заквасок. Кислим молоком називається молоко, яке скисло за рахунок молочнокислих бактерій, присутніх в продукті. В нашій роботі для дослідження ми використовуємо саме кисле молоко, яке має густу консистенцію, кислий смак, в кулінарії використовується для приготування тіста, або ж як напій [1].

Кисломолочні продукти відносяться до багатофазних та багатокомпонентних середовищ. Багатокомпонентними середовищами називаються гетерогенні системи, які складаються із псевдосуцільного дисперсійного середовища (компонентів, фаз), відділених одне від одного розвиненою поверхнею поділу [2].

В роботі проводився нагрів кислого молока на дослідній установці за методикою, яка описана в [3]. Були проведені дві серії дослідів, перша тривалістю 25 хвилин, а друга – 24 хвилини. В обох дослідях уже через 1100 – 1200 с кисле молоко почало розділятися на сироватку і сирну масу.

В [4] процес охолодження (або нагрівання) твердого тіла, різниця між температурою твердого тіла і температурою навколишнього середовища в початковий момент має один і той же знак. При таких умовах нестационарний процес охолодження (нагрівання) тіла може бути розділений на два етапи: початковий етап (неусталений) і етап регулярного режиму.

Проведення експерименту здійснюється таким чином [3]. В металеву ємність, об'ємом 800 мл, наливається дослідна суміш, з температурою 10°C; в експериментальну установку в кільцевий об'єм – гаряча вода в кількості 2500 мл, з температурою 80°C. Ємність з сумішшю поміщається в експериментальну установку, накривається ізольованою кришкою і знаходиться там до різниці температур $\pm 5^\circ\text{C}$ в обох рідинах.

При проведенні двох серій досліджень переконались, що регулярний тепловий режим в кислому молоці існує до і після перебудови структури.

В таблиці представлені результати експериментів для системи «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – гетерогенна рідка система біологічного походження в циліндричному об'ємі» для води та для двох серій дослідів складної суміші (кислого молока).

Таблиця

Дослід	q , кВт/м ²	$K_{\text{експ}}$, Вт/(м ² ·К)	m , (с ⁻¹)
Вода	6,1	220	0,0045
Кисле молоко I	4,9	144	0,0021 / 0,004
Кисле молоко II	4,2	-	0,0021 / 0,004

В таблиці: $m = (\ln v_1 - \ln v_2) / (\tau_1 - \tau_2) = \text{const}$ – темп охолодження рідкої суміші в циліндричному об'ємі, с⁻¹; v_1, v_2 – середньооб'ємна надлишкова температура рідкої суміші в циліндричному об'ємі відповідно до моменту часу τ_1, τ_2 , °C; $q, K_{\text{експ}}$ – густина теплового потоку і коефіцієнт теплопередачі через тонку циліндричну металеву стінку в кільцевому каналі до води, кислого молока I, кислого молока II, відповідно, в циліндричному об'ємі, Вт / м², Вт / (м² · К).

В таблиці m наведено для кислого молока I і II лише для періоду часу поки ще не відбувається розшарування кислого молока на сироватку і частинки сирної маси та після.

Встановлено, що для води в циліндричному об'ємі темп нагріву m залишається сталим на протязі серії експерименту. Для кислого молока I і II, в період $\tau < (1100 - 1200)\text{с}$ – $m = 0,0021 = \text{const}$, за умов $\tau > (1100 - 1200)\text{с}$ темп нагріву збільшується з $m = 0,0021$ до $m = 0,004$ і залишається сталим до кінця експерименту. Кисле молоко розшаровується на сироватку і сирну масу.

Висновки

Досліджена система «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – гетерогенна рідка система біологічного походження в циліндричному об'ємі» в умовах нестационарних теплових процесів.

Аналіз експериментальних даних показав можливість реалізації регулярного теплового режиму в даній системі, що дозволяє підвищити надійність прогнозувати інтенсивність теплообміну в складних середовищах.

Злам прямих $\ln v = f(\tau)$ характеризує початок перетворення кислого молока в двофазне середовище сироватка – сирна маса.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов : Справочник / А. С. Гинзбург, М. А. Громов, Г. И. Красовская. – Москва : Пищевая промышленность, 1980. – 288 с.
2. Ткаченко С.Й. Тепломасообмін і гідродинаміка багатокомпонентних середовищ: навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Н. Д. Степанова; ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 110 с.
3. Ткаченко С.Й. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів : монографія / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 148 с.
4. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим / Г. М. Кондратьев. – Москва : 1954. – 408 с.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Власенко Ольга Володимирівна – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olgakysak7@gmail.com.

Коваль Денис Миколайович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Задоян Владислав Олегович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Ткаченко Станіслав Йосипович** – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Tkachenko Stanislav Yosypovych - Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stahit6937@gmail.com.

Vlasenko Olga Vladimirovna – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olgakytysak7@gmail.com.

Koval Denis Mykolayovych– student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Zadoyan Vladislav Olegovich – student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Scientific supervisor: **Tkachenko Stanislav Yosypovych** - Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stahit6937@gmail.com.