

## ВПЛИВ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

О.А.ЧЕРНЮШОК, аспірант; О.М.СКАРБОВІЙЧУК, к.т.н., доцент;  
О.В.КОЧУБЕЙ – ЛИТВИНЕНКО, к.т.н., доцент, – Національний  
університет харчових технологій

Технологічні процеси виробництва продуктів харчової промисловості, зокрема молочної, надзвичайно чутливі до складу та стану компонентів їх рецептури, тому для забезпечення стандартизованих вимог до якості і складу харчових продуктів виникає задача чіткого визначення необхідних характеристик використовуваної сировини, компонентів та виробничих процесів.

Виробництво більшості молочних продуктів пов'язано з процесами термообробки, де знання теплофізичних характеристик (ТФХ) складових, самої сировини і готового продукту є визначальними для правильного ведення цих процесів.

Ринкові умови діяльності примушують підприємства молочної галузі постійно оновлювати і розширювати асортимент своєї продукції, а дефіцит складових молочної сировини вимагає пошуку їх замінників. В такій ситуації підприємствам досить складно витримати необхідні параметри виробничих процесів, тому що опубліковані дані про ТФХ і хімічний склад компонентів молочних продуктів обмежені та застарілі. За останній час значно змінився асортимент молочних продуктів, їх рецептурні компоненти, використовувані при їх виробництві, і, в деякій мірі, склад молока та властивості жиру і білка.

Із наведеного постає актуальна задача перед технологічною наукою – визначення зв'язків між теплофізичними характеристиками та хімічним складом молочних продуктів, зокрема вмістом жиру та білка, а її розв'язок – дозволить визначити оптимальні режими теплових процесів і буде сприяти підвищенню якості молочної продукції.

**Мета роботи:** аналітичний огляд можливості використання ТФХ молочних продуктів для визначення технологічних параметрів і режимів виробничих процесів, якості готової продукції та виявлення фальсифікації рослинними жирами.

Для контролю молочного виробництва, для техніко-технологічних розрахунків та оцінки енерговитрат необхідно знати ТФХ молочних продуктів, до яких відносяться теплопровідність, теплоємність і температуропровідність.

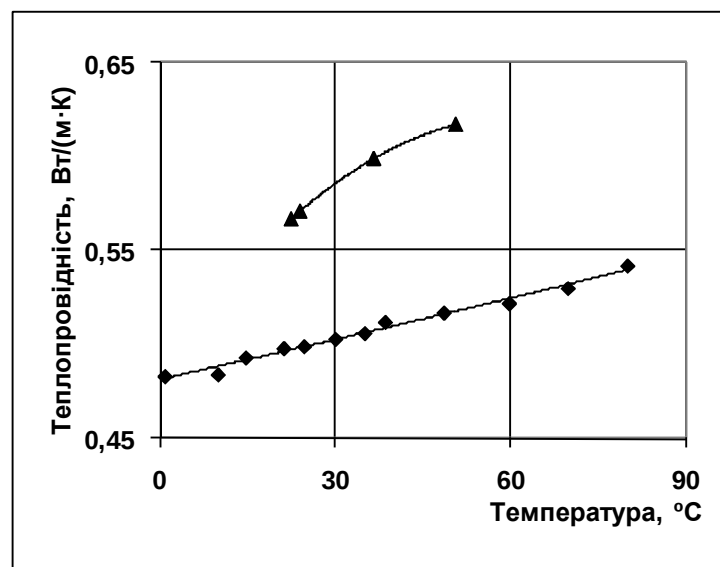
**Теплопровідність** - це здатність речовини пропускати теплову енергію через себе, не затримуючи її. Вона характеризує

властивість речовини передавати визначену кількість теплоти, яка переноситься через одиницю її поверхні за одиницю часу при температурному градієнті, рівному одиниці. Оскільки у кожної речовини ця кількість теплоти, за визначених умов перенесення, є сталою, то вона визначає (ідентифікує) цю речовину, тобто є її характеристикою. Тому ця кількість теплоти обрана коефіцієнтом пропорційності  $\lambda$  між густиною теплового потоку  $q$  [Вт/м<sup>2</sup>], та градієнтом температури  $dt/dn$  [K/м], в законі теплопровідності Фур'є речовини:

$$q = -\lambda \, dt/dn \quad (1)$$

Знак мінус вказує на те, що вектор  $dt/dn$  спрямований в бік зростання температури речовини, а  $q$  - в бік зменшення температури. Одиницею вимірювання  $\lambda$  є Вт/(м·К) [ 1 ].

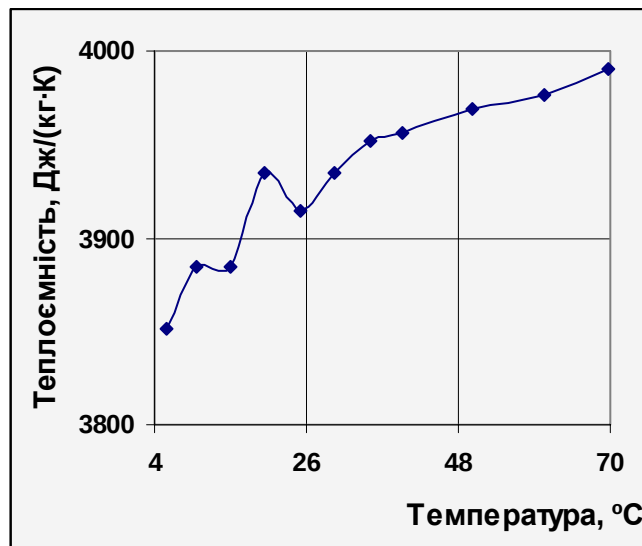
Теплопровідність молока збільшується з підвищенням температури і незначно зменшується зі збільшенням в ньому вмісту жиру та його дисперсності. Цей зв'язок проілюстрований на рисунку 1.



**Рис. 1. Теплопровідність молока корови:**

- ◆ – незбираного нативного із жирністю Ж = 3,0 %;
- ▲ – гомогенізованого із жирністю Ж = 3,2 % [ 2 ].

**Теплоємність** – це здатність речовини накопичувати теплову енергію з підвищенням її температури, вона визначається кількістю теплоти, необхідної для нагрівання одиниці маси речовини на один градус температури. Крім складу речовини (вміст сухих речовин, води, жиру) [ 3 ] теплоємність залежить від характеру процесу (ізобарний, ізохорний, взагалі політропний) та температури (рис.2).



**Рис. 2. Залежність теплоємності незбираного молока корови із жирністю  $J = 3,2 \%$  від температури [ 2 ].**

Залежно від кількості речовини, до якої відносять кількість накопиченої теплової енергії, розрізняють масову, мольну та об'ємну теплоємність. Найчастіше використовують масову середню теплоємність  $c$ , Дж/(кг·К) в інтервалі температур від  $t_1$  до  $t_2$ :

$$c = \frac{Q}{m} \cdot (t_2 - t_1) \quad (2)$$

де:  $Q$  – кількість накопиченої енергії, Дж або кДж;  
 $m$  – маса речовини, кг.

**Температуропровідність** – визначає швидкість прогрівання або охолодження (вирівнювання температури) речовини. Ця ТФХ пов'язує попередні дві характеристики:

$$a = \frac{\lambda}{(c \cdot \rho)} \quad (3)$$

де  $\rho$  – густина речовини, кг/м<sup>3</sup>

Температуропровідність (вимірюється у м<sup>2</sup>/с) відносять як до технологічних показників, так і до ТФХ. Добуток  $c\rho$ , тобто об'ємна теплоємність, що вимірюється у Дж/(м<sup>3</sup>·К), належить до ТФХ. Температуропровідність є характерною для нестационарного теплопереносу, коли частина теплової енергії проходить через речовину, не затримуючись ( $\lambda$ ), а друга частина накопичується, в результаті чого температура речовини менше або більше змінюється вздовж лінії теплового потоку, звідси назва цієї характеристики.

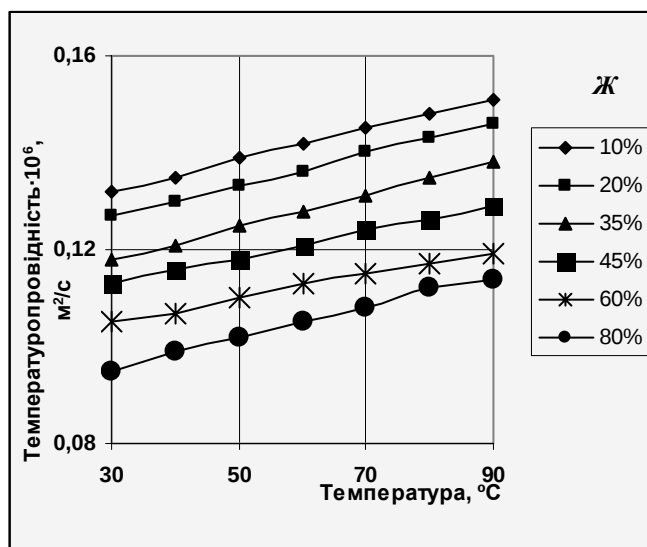
В окремих випадках легше експериментально визначити температуропровідність, а за формулою ( 3 ) визначити одну із невідомих характеристик(теплопровідність або теплоємність).

Обернена величина  $1/a$  є мірою теплової інерційності, однією з найбільш інерційних речовин є вода – вона має найбільше

значення  $\alpha$  серед матеріалів і продуктів молочних виробництв та порівняно невелику  $\lambda$ .

Температуропровідність залежить від температури, вологості, густини, жирності, пористості та інших властивостей харчових продуктів [ 4 ].

Встановлена залежність температуропровідності від масової частки жиру в продукті та температури [ 2 ] (рис. 3).



**Рис. 3. Залежність температуропровідності молочних вершків від температури і жирності.**

Залежність ТФХ молочних продуктів від вмісту масових часток жиру, сухих речовин, води, а також від їх структури підтверджена працями низки вітчизняних і зарубіжних вчених [1, 3, 5, 6, 7]. Використання цих залежностей у виробничих умовах розширило б можливості контролю за технологічним процесом виробництва та якістю готової продукції.

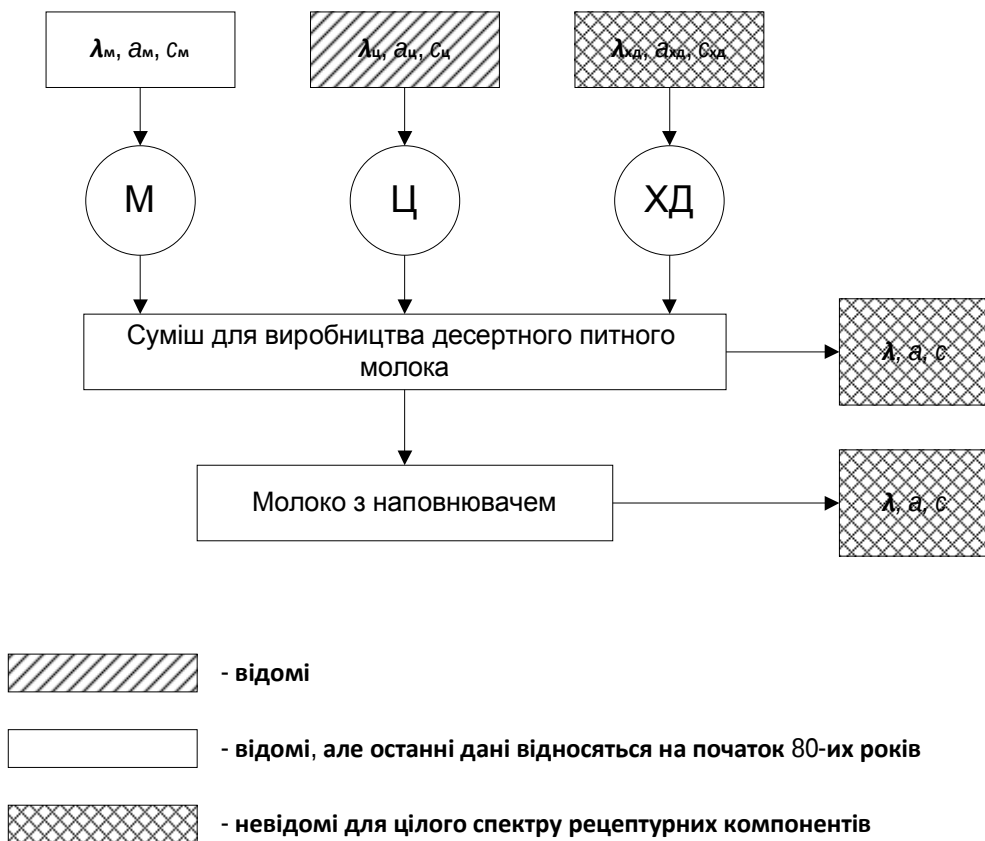
За наявності експрес – вимірювань ТФХ рецептурної сировини та готової продукції під час виробничого процесу можна було б визначати ефективність гомогенізації, нормалізації, повноту витіснення продукту із обладнання по завершенні певного технологічного процесу – теплової обробки, фасування на одному устаткуванні кількох видів однотипної продукції, тощо. Такі можливості можуть значно підвищити економічні показники підприємств молочної галузі. Для їх здійснення необхідно терміново поновити або визначити дані щодо основних ТФХ молочних продуктів сучасного асортименту, особливо тих видів, в яких замінено природні складові молока (жир, білок) на їх заміники та введено смако-ароматичні добавки, наповнювачі, стабілізаційні системи.

### Зв'язок складу продукту та його ТФХ

| Вид продукту                        | Рецептурні компоненти здатні змінювати ТФХ                                                                                                                               |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Питні види молока                   | Сухе знежирене молоко (СЗМ), смакові та ароматичні наповнювачі, добавки тощо.                                                                                            |
| Кисломолочні напої                  | СЗМ, стабілізаційні системи різного складу, харчові волокна, пектини, овочеві та плодово-ягідні наповнювачі тощо.                                                        |
| Сметана та сметаноподібні продукти  | Стабілізаційні системи різного складу, рослинні жири та рослинно-жирові суміші, білкові концентрати.                                                                     |
| Кисломолочний сир та вироби з нього | Вершки, сметана, вершкове масло, наповнювачі, смакові та ароматичні речовини, стабілізуючі системи, шоколадні глазури з рослинними жирами та інші рецептурні компоненти. |
| Вершкове масло з аповнювачами       | Цукор, какао, мед, цикорій, СЗМ, згущене молоко                                                                                                                          |
| Спреди                              | Рослинні жири, рослинно-жирові суміші різного складу та смако-ароматичні наповнювачі                                                                                     |
| Суміші для морозива                 | Молочні продукти, рослинні жири, цукристі речовини, стабілізаційні системи, плодово-ягідні наповнювачі та ін. сировина.                                                  |
| Згущені молочні консерви            | Цукор, фруктоза, рослинні жири, смако-ароматичні наповнювачі.                                                                                                            |

Як показує аналіз довідникових даних, інформації щодо ТФХ переважної більшості перерахованих компонентів і продуктів немає.

Схематично необхідність визначення теплофізичних характеристик (теплоємність, теплопровідність, температуропровідність ) рецептурних компонентів та готової продукції наведено на прикладі десертних видів питного молока на рис.4.



**Рис. 4.** Ілюстрація потреби визначення ТФХ нових продуктів та сировини.

**М** – молоко незбиране

**Ц** – цукор білий

**ХД** – харчові добавки та наповнювачі

**Висновки:** Встановлення чітких залежностей ТФХ від рецептурного складу і стану сировини дозволить використовувати їх для:

визначення технологічних параметрів виробничих процесів в реальному часі за результатами експрес – вимірювання ТФХ;

виявлення фальсифікації молочної продукції (вершкового масла, сметани) за відхиленням будь – якого теплофізичного показника готового продукту від норми;

проведення оптимізаційних розрахунків технологічних процесів та обладнання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Федоров В.Г.* Основы тепломассометрии. – К.:Вища шк. Головное изд – во, 1987. – 184с.
2. *Чубик И.А., Маслов А.М.* Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. М., издательство «Пищевая промышленность», 1970,184с.
3. *Громов М.А.* Теплофизические характеристики плазмы молока // Молочная промышленность. – 1979, №4. – с.37 – 39.
4. *Горбатова К.К.* Биохимия молока и молочных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344с.
5. *Громов М.А.* Теплопроводность и коэффициент температуропроводности творога// Молочная промышленность. – 1986, №11. – с.26 – 27.
6. *Оленев Ю.А.* Теплопроводность мороженого и смесей для него// Молочная промышленность. – 1982, №8. – с.28.
7. *Пахомов В.Н.* Разработка приборов и комплексное исследование теплофизических характеристик лабильных материалов. Автореферат канд. техн. наук. К.: ИТТФ АН УССР, 1980, 21с
8. *Тищенко Л.М* Дослідження складу та властивостей молочного жиру і вдосконалення технології молочного жиру. Автореферат канд. техн. наук. К.: НУХТ, 2009, 22с.