

ПОДОБІЙ О.В., канд. техн. наук, доцент, ВОЛОВИК Л.С., канд. хім. наук, доцент, МІРОШНИКОВ О.М., канд. хім. наук, професор, УМАНСЬКА А.О., ДОЛОТЕНКО Є.Ю.

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЗНИХ ВИДІВ КЕФІРУ

Досліджено вплив жирності різних видів кефірів на величину поверхневого натягу та роботу міжмолекулярних сил щеплення (роботу когезії). На основі експериментальних даних встановлено, що при збільшенні частки молочного жиру в кефірах різних торгових марок поверхневий натяг та робота когезії зменшуються.

Ключові слова: кефір, поверхневий натяг, робота когезії, міжмолекулярні взаємодії.

It was investigated the influence of fatness of different kefir types on the surface tension value and work of intermolecular attractive forces (cohesion work). It was found that the increase in proportion of lactic fat in kefir solutions leads to surface tension and cohesion work reduce.

Key words: kefir , tension value, lactic fat, cohesion work

Молоко в нашому харчуванні займає досить важливе місце. Цей продукт містить всі основні поживні речовини, необхідні для розвитку людського організму, а саме: білки, жири, вуглеводи, ферменти та солі. Саме з молока можна приготувати ряд продуктів, зокрема, кисломолочних, які є основним дієтичним харчуванням для певних категорій людей. Здоров'я людини значною мірою визначають за станом нормальної чи патологічної мікрофлори організму. Кисломолочні продукти, крім високої харчової цінності, мають і лікувальні властивості. Головну роль у процесі їх виробництва відіграють молочнокислі мікроорганізми, що утворюють молочну кислоту. В давнину молоко використовували як продукт харчування не лише в сирому вигляді, але й для приготування із нього в домашніх умовах декількох видів молочних продуктів, головним чином, різноманітних кисломолочних (ряжанка, кефір, кумис і т.д.), кислі домашні сири і масло [1].

Згодом на основі домашнього виробництва виникла молочна промисловість. Історія зародження кефіру сягає своїм корінням в глибоку давнину, проте до нас вона дійшла лише на початку минулого сторіччя.

До складу кефіру входять безліч мікроорганізмів, що продукують вироблення молочної кислоти, яка є основою його виробництва. Сучасна традиційна технологія виробництва кефірів передбачає використання наступних компонентів: молока та молочнокислих бактерій, а також різноманітних харчових добавок для поліпшення смаку та підвищення харчової цінності цих кисломолочних продуктів.

Сьогодні препарати і продукти, створені на базі молочнокислих бактерій, вважаються основою функціонального харчування та сприяють профілактиці низки захворювань. Кефір має властивості відновлювати мікрофлору кишечника, запобігати дисбактеріозу, гастриту, виразки шлунку. Завдяки своєму якісному складу кефір добре втамовує спрагу та збуджує апетит, також він позитивно впливає на людей, які страждають на хронічні інфекції, зокрема герпетичного типу, СНІД, а також від синдрому хронічної втоми, при порушеннях сну, стабілізації нервової системи.

За характером проведення технологічного процесу розрізняють два основні способи одержання кефірів. Резервуарний, в основі якого є використання нормалізованої суміші з додаванням сухого молока. Термостатичний, в основі якого – використання нормалізованої, гомогенізованої, пастеризованої суміші молока.

Основною сировиною у виробництві кефірів є коров'яче молоко, яке має високу харчову цінність і поповнює в наших умовах значну частку енергетичних витрат людини. Важливою складовою частиною молока є молочний жир, вміст якого сягає 3,7%. Він має високу енергетичну цінність, а також є важливим джерелом вітамінів, містить каротин, вітамін А та ін. [1]. Молочний цукор – лактулоза – міститься тільки в молоці та використовується при виробництві кисломолочних продуктів та сирів.

Основними видами кисломолочних бактерій, які використовують в сучасних технологіях є: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacterium delbruckii*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus lactis* тощо.

Розрізняють ододенний, дводенний та триденний кефіри. Класифікація відображає певні якості кефіру: кислотність, ступінь накопичення вуглекислоти і спирту, ступінь зміни білків.

Відомо, що харчові речовини в основному є структурованими системами, що володіють сильними адгезійними властивостями відносно твердих тіл. Тісто, креми, кондитерські маси, м'ясо, м'ясні вироби, вся кисломолочна продукція при контакті з пакувальним матеріалом сильно взаємодіють, що негативно впливає на якість харчових продуктів. Проте, позитивну роль відіграє адгезія та когезія при взаємодії плівок з твердими сирами при їх виробництві, фарбуванні різних речей. Кефір – структурована система, з високою густиною та в'язкістю завдяки наявності жирних кислот, дисахаридів тощо.

Однією з найважливіших фізико-хімічних характеристик харчових продуктів є поверхневий натяг, значення якого використовують для розрахунків таких величин як робота когезії, робота адгезії, та для характеристики взаємодій між

молекулами [2]. Зокрема робота когезії ($A_{\text{ког}}$) – характеристика сил міжмолекулярної взаємодії всередині однієї фази. Сили когезії (злипання) – ті, які діють між молекулами усередині фази, а адгезії (прилипання) – між молекулами, що перебувають у різних фазах.

Метою нашої роботи було визначення роботи когезії та її залежності від кількісного та якісного складу різних торгових марок кефіру («Лактонія», «Волошкове поле»).

Обрані кефіри відносяться до різних технологій отримання. До резервуарної технології виробництва відноситься досліджуваний кефір торгової марки «Лактонія». До термостатичної технології виробництва відноситься досліджуваний кефір марки «Волошкове поле» та «Слов'яночка».

Роботу когезії $A_{\text{ког}}$ визначають, як необхідну для розриву однорідної об'ємної фази; відносять її до одиниці площі розриву. Робота розриву (у площині) дорівнює $A_{\text{еіа}} = 2 \cdot \sigma_{\frac{\delta}{\alpha}}$, оскільки при цьому утворюється дві нові поверхні

Р-Г. Розрахунок роботи когезії проводили за рівнянням:

$$A_{\text{еіа}} = 2 \cdot \sigma_{\frac{\delta}{\alpha}} \quad (1)$$

де $\sigma_{\frac{\delta}{\alpha}}$ - поверхневий натяг на межі поділу рідина-газ.

Для вимірювання поверхневого натягу використовували сталагмометричний метод [3]. Поверхневий натяг на межі поділу рідина-газ розраховували за формулою:

$$\sigma = \frac{d \cdot \sigma_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}}{n \cdot D}, \quad (2)$$

де $n_{\text{H}_2\text{O}}$ – число капель води;

n – число капель розчину;

d – густина розчину.

Густину визначали за пікнометричним методом, а вміст сухих речовин за допомогою рефрактометра. Кількісний та якісний склад різних кефірів, визначали з врахування складу молочного жиру. В роботі використано кефіри різної жирності та різних торгових марок.

При проведенні експерименту використовували методику осаджування хлористим кальцієм нерозчинної фракції кефіру з метою зменшення його густини [4]. Готували серію послідовних розведень вдвічі, концентрацію яких визначали рефрактометричним методом. Результати залежності зміни поверхневого натягу та роботи когезії від концентрації для кефірів різних торгових марок з жирністю 0% приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати вимірювання поверхневого натягу та розрахунку роботи когезії кефірів жирністю 0%

Торгова марка	Показники			
	Розведення	Сухі речовини, %	Поверхневий натяг, $\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²	Робота когезії, $A \cdot 10^3$, Дж/м ²

Лактонія	1:0	7,8	60,0	120,0
Волошкове поле		8,2	59,0	118,0
Лактонія	1:1	5,0	67,0	134,0
Волошкове поле		5,2	61,0	122,0
Лактонія	1:2	3,4	69,0	138,0
Волошкове поле		3,8	66,0	132,0
Лактонія	1:3	2,8	70,0	140,0
Волошкове поле		3,0	71,0	142,0
Лактонія	1:4	1,8	72,0	144,0
Волошкове поле		2,2	72,0	144,0

З вищенаведених табличних даних видно, що негативний вплив роботи когезії спостерігається у кефірі марки «Лактонія» порівняно з маркою «Волошкове поле». Даний факт свідчить про те, що в ньому сильніше відбувається взаємодія між молекулами (асоціація). Цей фактор негативно впливає на якість кефірів, а також на процес їх засвоєння організмом.

Результати досліджень кефірів з вмістом жиру 1% торгових марок «Волошкове поле» та «Лактонія» представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати вимірювання поверхневого натягу та розрахунку роботи когезії кефірів жирністю 1,0%

Торгова марка	Показники			
	Розведення	Сухі речовини, %	Поверхневий натяг, $\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²	Робота когезії, $A \cdot 10^3$, Дж/м ²
Лактонія	1:0	9,6	59,0	118,0
Волошкове поле		10,2	56,0	112,0
Лактонія	1:1	7,8	63,0	126,0
Волошкове поле		8,2	59,0	118,0
Лактонія	1:2	5,2	65,0	130,0
Волошкове поле		5,6	63,0	126,0
Лактонія	1:3	3,6	69,0	138,0
Волошкове поле		3,8	67,0	134,0
Лактонія	1:4	1,9	71,0	142,0
Волошкове поле		2,0	69,0	138,0

За приведеними експериментальними даними можна зробити висновок, що по мірі підвищення концентрації жиру робота когезії поступово зменшується, що залежить від складу молочного жиру, в якому міститься велика кількість жирних кислот.

Кефіри з низьким вмістом жиру до 1 % гірше засвоюються організмом, оскільки містять вищий відсоток вуглеводів, які потребують більших витрат енергії. Поверхневий натяг залежить від вмісту та складу молочного жиру, зі збільшенням вмісту жиру поверхневий натяг знижується і відповідно такі продукти будуть легше засвоюватись організмом.

Експериментальні дані по вимірюванню величини поверхневого натягу та розрахунку роботи когезії кефірів з вмістом жиру 2,5% представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати вимірювання поверхневого натягу та розрахунку роботи когезії кефірів жирністю 2,5%

Торгова марка	Показники			
	Розведення	Сухі речовини,%	Поверхневий натяг, $\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²	Робота когезії, $A \cdot 10^3$, Дж/м ²
Лактонія	1:0	12,0	58,0	116,0
Волошкове поле		12,6	54,0	108,0
Лактонія	1:1	8,4	61,0	122,0
Волошкове поле		9,2	58,0	116,0
Лактонія	1:2	5,6	65,0	130,0
Волошкове поле		6,0	61,0	122,0
Лактонія	1:3	3,8	69,0	138,0
Волошкове поле		4,0	63,0	126,0
Лактонія	1:4	2,2	71,0	142,0
Волошкове поле		2,8	66,0	132,0

При дослідженні кефіру з вмістом жиру 2,5 % (табл.3) спостерігається певна залежність зміни роботи когезії від концентрації (вмісту сухих речовин). По мірі збільшення відсоткового вмісту сухих речовин, відбувається зменшення поверхневого натягу та роботи когезії, порівняно з результатами для кефірів з меншим вмістом жиру 0% та 1%.

Результати, отримані при експериментальному дослідженні кефірів з вмістом жиру 3, 2% , представлені в таблиці 4.

Таблиця 4

Результати вимірювання поверхневого натягу та розрахунку роботи когезії кефірів жирністю 3,2%

Торгова марка	Показники			
	Розведення	Сухі речовини,%	Поверхневий натяг, $\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²	Робота когезії, $A \cdot 10^3$, Дж/м ²
Слов'яночка	1:0	13,0	54,0	108,0
Волошкове поле		14,2	53,0	106,0
Слов'яночка	1:1	12,0	57,0	114,0
Волошкове поле		12,8	55,0	110,0
Слов'яночка	1:2	9,6	60,0	120,0
Волошкове поле		10,0	58,0	116,0
Слов'яночка	1:3	7,2	63,0	126,0
Волошкове поле		8,8	62,0	124,0
Слов'яночка	1:4	4,8	66,0	132,0
Волошкове поле		5,2	64,0	128,0

Аналізуючи експериментальні дані спостерігаємо ще більш різке зниження величини поверхневого натягу та роботи когезії порівняно із

кефірами з нижчим вмістом жиру. Це може бути пояснено складом молочного жиру, в якому наявні насичені та ненасичені жирні кислоти з одним, двома, трьома та чотирма водневими зв'язками. Вміст жиру збільшується, отже збільшується і масова частка цих кислот в молочному жирі, а саме вони справляють суттєве зниження величини поверхневого натягу та роботи когезії. Відмінність значень роботи когезії у кефірів різних торгових марок з однаковим вмістом жирів пояснюється наявністю в них дисахаридів, лактулози, сполук кальцію, які спричиняють додаткову міжмолекулярну взаємодію, та видом мікроорганізмів, що використовуються у виробництві, а також самою технологією одержання продукту.

Висновки.

При експериментальному дослідженні кефірів різних марок встановлено, що зі збільшенням вмісту молочного жиру поверхневий натяг та робота когезії в них зменшується. Можна зробити висновок, що системи з більшим вмістом молочного жиру в кефірній продукції швидше засвоюються організмом людини, оскільки потребують менших затрат енергії на руйнування міжмолекулярних зв'язків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Современная молочная кухня / М.Теплы, Р.Плавцова, В. Румлова, Я.Винш: Пер. с чешск. И.В.Холодовой – М.: Металлургия, 1986. – 240 с.
2. Манк В.В., Мірошников О.М., Подобій О.В., Стеценко Н.О. Колоїдна хімія: Практикум. – К.: НУХТ, 2008. – 170 с.
3. Колоїдна хімія. Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, В.В. Манк та ін. – К., 1999. – 238 с.
4. Методы анализа молока и молочных продуктов: [Справочное пособие] / Г.С. Инихов, Н.П. Брио. – М.: «Пищевая промышленность», 1971. – 423 с.

Надійшла до редколегії