

# ЕЛЕКТРОМЕТРІЯ молочних продуктів

**В. РОМОДАНОВА,  
В. СМІРНОВ,  
кандидати технічних наук  
О. МАЗУРЕНКО,  
доктор технічних наук  
О. КОЧУБЕЙ,** аспірант  
Український державний  
університет харчових  
технологій

Для виробництва якісних молочних продуктів необхідно мати точні дані про масову частку компонентів молока, зокрема сухих речовин, у тому числі жиру (Ж), сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), білка (Б), лактози (L). Існуючі методи визначення складових частин молока не досить досконалі, потребують значних витрат часу, різноманітних реактивів тощо. Одним з методів визначення деяких фізико-хімічних показників є визначення електропровідності.

Електропровідність — це здатність речовини (продукту) проводити електричний струм. На практиці питома електропровідність визначається як зворотна величина опору вимірювального пристрою, заповненого дос-

ліджуваним матеріалом, поділена на постійний для даного вимірювального пристрою геометричний фактор. За даними академіка С.С.Перова електропровідність молока в середньому становить  $43,9 \times 10^{-4}$ , з коливаннями від  $39,4$  до  $51,3 \times 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \times \text{см}^{-1}$ .

Відомо, що електропровідність молока залежить від кислотності, густини, в'язкості, масової частки складових частин молока. Простежується кілька точок зору щодо впливу окремих компонентів молока на електропровідність. Так, Зайковський поділяє твердження Перова, що всі головні складові частини молока (жир, білок і молочний цукор) знижують електропровідність і найбільше — білок. А також звертає увагу на те, що при відсутності електролітів коло-

їдальні частинки були б єдиними носіями електричного струму, але разом із сильно дисоційованими електролітами їх роль, як носіїв електронів, значно падає і через повільний рух вони можуть гальмувати швидке пересування іонів. Інші дослідники також підкреслюють роль жиру як гальмуючого фактора в переміщенні електричних зарядів, але зазначають, що зменшення сухих речовин веде до зниження електропровідності і сухі речовини справляють пріоритетний вплив на кількісну оцінку електропровідності.

Для уточнення вищенаведеного, а також з метою виявлення характеру впливу на електропровідність окремих компонентів — вологи (В), сухих речовин (Ср), в т.ч. жиру, СЗМЗ, білка, лактози — нами було створено модельні суміші із заданими за планом масовими частками компонентів. У створених сумішах вимірювали електропровідність ( $\chi$ ), кислотність (Ки), рН та густину ( $\Gamma$ ). Електропровідність вимірювали за допомогою спеціально розробленого датчика й моста змінного струму Р 5016 в інтервалі температур від  $5$  до  $95^\circ\text{C}$ .

У результаті проведених дослідів було одержано залежності електропровідності від В, Ср, Ж, СЗМЗ,  $\chi$ , Ки, температури. Результати дали змогу виявити як окремі, так і взаємні тенденції впливу концентрацій складових компонентів на значення Х, Ки, рН. Так було підтверджено, що зменшення вмісту жиру приводить до підвищення електропровідності, а зменшення



Об'єкт дослідження	$\alpha$ властивості об'єкта	Коефіцієнти			Вміст компонентів, %
		$C_0$	$C_1$	$C_2$	
Сир кисломолочний	$\chi$	3,97	4,91	4,63	$K_1 = \text{Ж, \%}$
	Ки	256,12	8,79	2,09	$K_2 = \text{СЗМЗ, \%}$
Кефір	$\chi$	- 20,23	67,4	168,94	$K_1 = \text{В, \%}$ $K_2 = \text{Ср, \%}$
	$\chi$	0,505	1,73	1,6	$K_1 = \text{Ж, \%}$ $K_2 = \text{СЗМЗ, \%}$
	Ки	72,57	- 4,3	6,25	
	pH	4,57	0,026	- 0,067	
	$\Gamma$	56,28	- 2,428	- 7,656	

СЗМЗ — до її зниження.

Електропровідність може також служити показником якості молочної сировини.

На підставі даних експериментів було виявлено можливість одержати математичну модель об'єкта дослідження. Ця модель дає змогу визначити вміст складових частин об'єкта: сухих речовин, жиру, сухого знежиреного молочного залишку, білка, лактози, при наявності швидких і простих вимірювань, а саме — електропровідності, кислотності, а в деяких випадках — pH і густини.

У проведених експериментах об'єктами дослідження були кефір, сметана, сир кисломолочний, молоко знежирене та згущене, а також вершки. За аргумент використовували В, Ср, Ж, СЗМЗ, Б; як функції — електропровідність, кислотність, pH, густину.

Для взаємодоповнюючих аргументів склали різноманітні фундаментальні матриці як другого, так і третього порядку. Дослідження одержаних рівнянь регресії було спрямоване на виявлення залежностей робочих ділянок, для яких розрахункове значення аргумента та його фактичне значення (одержане за допомогою стандартних методик) не відрізнялися більш як на 1—5%.

Одержано узагальнене рівняння регресії у вигляді алгебраїчного полінома першого ступеня:

$$\alpha = C_0 + C_1(t_1) \cdot K_1 + C_2(t_2) \cdot K_2,$$

де  $\alpha$  — параметри, які вимірюються;  $K_1, K_2$  — концентрації компонентів, які необхідно знайти;  $C_0, C_1, C_2$  — коефіцієнти. Значення цих параметрів для кефіру й сиру кисломолочного наведено в таблиці.

Для знаходження масової

частки компонентів молока чи молочних продуктів складають систему хоча б з двох рівнянь, де замість  $\alpha$  підставляють експериментально одержане значення електропровідності, кислотності, pH чи густини. Розв'язуючи цю систему, знаходять  $K_1$  та  $K_2$ , тобто жир та СЗМЗ або масову частку вологи та сухих речовин.

При розробці математичної моделі об'єкта було виявлено, що один з визначальних факторів одержання точних

результатів — температура досліджуваних зразків, досі вплив цього фактора недостатньо враховувався. Результати засвідчили, що лінійна залежність електропровідності від температури об'єкта перебуває в певному діапазоні температур. Практично всі рівняння регресії в цьому діапазоні дають результати в заданих межах точності. Це дає підставу рекомендувати розроблену методику комбінованого розрахунку складових компонентів молока і молочних продуктів, яка порівняно економічна, швидка й проста в промисловій реалізації.

При застосуванні даного методу важливо дотримуватися певних температурних режимів вимірювання.

## НВО «СІМО»

ПРОПОНУЄ:

— універсальні модульні комплекси по переробці гречки та інших зернових культур в крупи з агрегатом гідротермічної обробки. Продуктивність по зерну гречки — 300 кг/год., вихід ядра — 65% при загальному виході 70–72 відсотка;

— млини, оснащені промисловим обладнанням, з оригінальною технологією підготовки зерна до розмелу (скорочений процес) потужністю 25–150 т/добу, що забезпечують сортовий розмел при загальному виході борошна до 73%, в тому числі вищого сорту до 55 відсотків;

— високоефективні системи знепилювання технологічних процесів переробки зерна, циклони, повітряні сепаратори.

### НАУКОВЦІ ТА ПРОЕКТУВАЛЬНИКИ ОБ'ЄДНАННЯ ВИКОНУЮТЬ:

— техніко-економічне обґрунтування обраних проектів;  
— технічну експертизу готових проектних рішень і діючих підприємств;  
— проекти до будь-яких замовлень та дають висококваліфіковані консультації у галузі зернопереробки.

ОБ'ЄДНАННЯ ДЕМОНСТРУЄ ЕФЕКТИВНІСТЬ СВОЇХ РІШЕНЬ НА ДІЮЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ. НАШІ ТЕХНОЛОГІ ТА ОБЛАДНАННЯ УСПІШНО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПЕРЕРОБНИКИ УКРАЇНИ, РОСІЇ, БІЛОРУСІ.

НАША АДРЕСА:

270031, м. Одеса, вул. Грушевського, 41.  
Телефон/факс: (0482) 32-30-37; 32-79-33.