

УДК 681.2

Т.П. Лавренюк, Р.Б. Трембач канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЖИРНОСТІ МОЛОКА

T.P. Lavrenyuk; R.B. Trembach Ph.D, Assoc.Prof;

RESEARCH OF AUTOMATED ULTRASONIC DEVICE FOR MEASUREMENT OF TEMPERATURE AND MILK FAT

Аналізуючи методи визначення жирності молока, порівнюючи їх характеристики та беручи до уваги швидкодню і точність методів, можна зробити висновок, що ультразвуковий метод є найбільш оптимальний визначення жирності молока за коефіцієнтом поглинання ультразвуку молоком. Ультразвуковий метод визначення жирності дозволяє отримати результат аналізу протягом 2 хвилин, крім того, точність ультразвукового методу (0,1%) дозволяє зменшити похибку системи визначення параметрів якості молока, як остаточного результату. Цей же метод не вимагає хімічної обробки молока і передбачає можливість подальшого використання взятого на аналіз зразка молока.

Поширення ультразвукових хвиль в рідких середовищах залежить від фізико-хімічного складу середовища. У рідинах має місце поширення звукової хвилі в напрямку коливального руху частинок [1].

Швидкість ультразвуку в рідині визначається рівнянням:

$$V = \sqrt{\rho \cdot \beta}, \quad (1)$$

де ρ - щільність;

β - адіабатична стисливість рідини.

Швидкість поширення ультразвуку в рідинах становить 800 - 2000 м/сек. Вона залежить від складу рідини та її температури. Вплив температури виражається залежністю:

$$C = C_0(1 + \mu\Delta t), \quad (2)$$

де C – швидкість поширення ультразвуку при температурі t , м/сек;

C_0 – швидкість поширення ультразвуку при початковій температурі, м/сек;

Δt – різниця температур, °С;

μ – температурний градієнт.

У всіх рідинах, крім води, швидкість ультразвуку зі збільшенням температури зменшується.

При математичному описі залежностей концентрацій жиру, сухого знежиреного молочного залишку та загального білка від швидкості ультразвуку в молоці брався до уваги той факт, що при температурі 14°С швидкість ультразвуку не залежить від концентрацій жиру, а характеризується тільки вмістом сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) та загального білка. За результатами теоретичного обґрунтування були одержані вирази, які відображають взаємозв'язок між швидкістю ультразвуку в молоці при температурі 14°С і концентраціями СЗМЗ та загального білка:

$$K_2 = \frac{1}{a_2} \cdot (C_{0(14)} - C_{3(14)}); \quad (3)$$

$$\frac{K}{3} = \frac{0,4}{a_2} \cdot (C_{0(14)} - C_{3(14)}), \quad (4)$$

де K_2, K_3 – концентрація СЗМЗ, загального білка відповідно, %;

$C_{0(14)}, C_{3(14)}$ – швидкість ультразвуку в молоці та у воді при температурі 14⁰С, м/с;

a_2 – коефіцієнт, який характеризує градієнт зміни швидкості ультразвуку в молоці при зміні концентрацій СЗМЗ та загального білка на 1% при температурі 14⁰С, м/(с·%).

Математична залежність між концентраціями жиру в молоці та швидкістю ультразвуку при температурі з діапазону температур 20⁰С...50⁰С з урахуванням автоматичної поправки на концентрацію СЗМЗ описується виразом:

$$K_1 = 100\% \cdot \left(-\frac{b+d}{2 \cdot b \cdot d} + \frac{1}{2 \cdot b \cdot d} \times \sqrt{(b+d)^2 - 4 \cdot b \cdot d + \frac{4 \cdot (2b) \cdot d \cdot C^2}{(C_{0i} - a \cdot K_2 - \mu \cdot \Theta_i + 42)_2}} \right) \quad (5)$$

де K_1 – концентрація жиру, %;

C_{0i} – швидкість ультразвуку в молоці при i -й температурі, м/с;

Θ_i – температура молока, ⁰С;

$C_{3(20)}$ – швидкість ультразвуку у воді при температурі 20⁰С, м/с;

a – коефіцієнт, який характеризує градієнт зміни швидкості ультразвуку при зміні концентрації СЗМЗ на 1% при температурі 20⁰С, м/(с·%);

\square – температурний градієнт молока, м/(с·⁰С);

b, d – постійні коефіцієнти, числові величини яких залежать від фізико-хімічних властивостей молока.

Слід відзначити, що температурний діапазон 20⁰С...50⁰С складається з температур, які характеризують фізичний стан молочного жиру в молоці. Враховуючи численні дослідження властивостей молока, встановлено, що температура 20⁰С (точка застигання) характеризує суспензійний стан молочного жиру, при температурі 37⁰С (точка плавлення) жир переходить з суспензійного стану в емульсійний, а при температурах 43,5⁰С, 50⁰С зменшується похибка вимірювань вмісту жиру та СЗМЗ за рахунок усунення перешкод, які пов'язані з твердінням та кристалізацією молочного жиру [2].

Література

1. Крись Г.Н., Шальгіна А.М., Волокітина З.В. Методи дослідження молока и молочных продуктів. – М.: Колос, 2002 – 368 с.

2. Експертиза молока и молочных продуктів. Качество и безопасность: Учеб. посіб. / Дунченко Н.И., Храмов А.Г. и др. – Новосибирск: Сиб. унів. изд., 2007. – 477 с.