

УДК 543.422.7+ 637.074

Ю.П. Холмовой, канд.хім.наук доц.<sup>1</sup>; Г.Г. Лобанов, начальник Краматорського міського управління<sup>2</sup>; Є.В. Жигadlo, студент<sup>1</sup>

1 – Донбаська державна машинобудівна академія, Україна

2 – Головное управління Держпродспоживслужби в Донецькій області, Україна

## ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ МОЛОКА МЕТОДОМ КОЛЬОРОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ У ХРОНОМЕТРИЧНОМУ ВАРІАНТІ

**Yu.P. Kholmovoi Ph.D. Assoc. Prof.; G.G. Lobanov; E.V. Gigadlo, Student  
DETERMINATION OF THE ACIDITY OF MILK BY COLORIMETRIC  
TITRATION IN THE CHRONOMETRIC VERSION**

Молоко – один із найпоширеніших продуктів харчування та одночасно – сировина для переробки та отримання численних похідних продуктів. Тому контролю його якості приділяється пильна увага. Серед багатьох показників, що характеризують якість молока, не останнє місце займає визначення кислотності, що титрується. Для свіжовидоєного молока вона становить 16 – 18° Тернера, допустиме значення для нормального молока 15,99...20,99°Т. А зумовлена вона присутністю кислих солей – дигідрофосфатів та дигідрокитратів (близько 9 – 13°Т), білків – казеїну та сироваткових білків (4 – 6°Т), вуглекислого газу та кислот (молочної, лимонної, аскорбінової, вільних жирних кислот) та іншими компонентами молока (у сумі близько 1 – 3°Т) [1]. В якості методу визначення титрованої кислотності ми обрали титрування проби молока їдким натром з індикацією кінцевої точки титрування (КТТ) за допомогою фенолфталеїну на основі ГОСТ 3624-92 [2]. Однак, такий метод не передбачає реєстрації результатів аналізу та подальшої їхньої математичної обробки. А це стає можливим лише при використанні принципів інструментального аналізу. І з цією метою можна використати метод кольориметричного титрування, в якому зберігається можливість індикації КТТ за допомогою фенолфталеїну.

Метод кольориметрії заснований на **вимірюванні і кількісному виразу кольору у RGB-шкалі як комбінації** трьох базових компонент: червоного (Red), зеленого (Green) і синього (Blue) у числовому діапазоні від 0 до 255 кожен. Їх **комбінація** зі значеннями 255 дає білий колір, а зі значеннями 0 – чорний (відсутність світла). **RGB-шкала** відповідає як сітківці ока людини з фоторецепторами, чутливими до червоного, зеленого і синього кольору, так і роботі більшості приладів побутової відеотехніки: смартфонам, планшетах, відеокамерам, моніторам, телевізорам і т.д. Для виконання кольориметричного титрування в якості джерела випромінювання використовується світлодіодна лампа, а в якості реєстратора – смартфон, змонтовані в спеціально сконструйовану комірку (рис. 1).

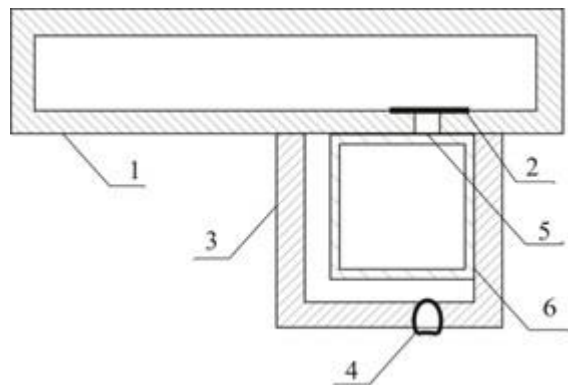


Рисунок 1. Комірка для фотометричного титрування зі смартфоном

1 – відділення для смартфона;

2 – матовий світлофільтр;

3 – кюветна камера;

4 – світлодіодна лампа;

5 – вікно для об'єктива відеокамери смартфона;

6 – фотометрична кювета

Кольорометричне титрування доцільно використовувати у комплексі з хронометричним варіантом титрування, коли подача титранта до пробки здійснюється з постійною швидкістю. При цьому немає необхідності знати концентрацію титранта: його кількісною характеристикою є титр-секунда  $T_c$ , фізичний зміст якої – кількість речовини в титранті, яка витрачається за 1 секунду процесу титрування. Ця величина визначається попередньо з окремої пробки відомого об'єму стандартної речовини ( $V_{ст}$ , [дм<sup>3</sup>]) з відомою концентрацією ( $C_{ст}$ , [моль/дм<sup>3</sup>]) за час титрування ( $\tau_{ст}$ , [с]):

$$T_c = \frac{C_{ст} \cdot V_{ст}}{\tau_{ст}} \left[ \frac{\text{моль}}{\text{с}} \right]. \quad (1)$$

Тоді концентрація аналіту у пробі ( $C_{пр}$ ), виходячи з її об'єму ( $V_{пр}$ ) та часу, витраченого на її титрування ( $\tau_{пр}$ ) визначатиметься виразом

$$C_{пр} = \frac{T_c \cdot \tau_{пр}}{V_{пр}} \left[ \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3} \right]. \quad (2)$$

На підставі викладеного було складено методику визначення кислотності молока, що включає 2 етапи:

1. Визначення величини  $T_c$ . 1 мл 0,1 М розчину HCl, приготованого з фіксаналу, піпетковим дозатором помістити у фотометричну кювету з довжиною шару поглинання 20 мм, додати ~5 мл води і 1 краплю 1%-вого розчину фенолфталеїну. Зібрати установку для титрування (рис. 2). Одночасно увімкнути запис відео та відкрити запірний кран (поз. 6 на рис. 2). Регулюючий кран (поз. 5 на рис. 2) попередньо повинен бути встановлений у таке положення, щоб забезпечити подачу титранта краплями, що піддаються рахунку. Спостерігати за ходом титрування на екрані смартфона, після зміни кольору екрана припинити відеозапис та закрити запірний кран.

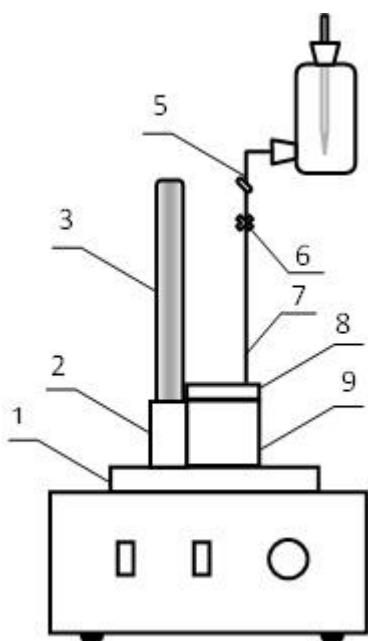


Рисунок 2. Установка для кольорометричного титрування

- 1 – магнітна мішалка;
- 2 – відділення для смартфона;
- 3 – смартфон;
- 4 – посудина Маріотта з титрантом;
- 5 – регулюючий кран;
- 6 – запірний кран;
- 7 – капіляр;
- 8 – кришка кюветного відділення;
- 9 – кюветне відділення

2. Визначення кислотності молока. 1 мл молока піпетковим дозатором помістити у ту ж саму фотометричну кювету, додати ~5 мл води і 1 краплю 1%-вого розчину фенолфталеїну і повторити процедуру реєстрації відеозйомки титрування.

Усі відеофайли формату .mp4 зі смартфона перенести на комп'ютер, кожен із них по черзі програмою Free Video to JPG Converter перетворити в ряд послідовних кадрів у вигляді файлів формату .jpg, попередньо встановивши в програмі опцію

«Кадр за кожну секунду» та визначивши папку для їх збереження. Після цього запустить програму, натиснувши на її панелі клавішу «Конвертувати». Далі програма «Реєстратор RGB.vi», яка створена нами у пакеті LabVIEW-12, перетворює колір кожного кадру на числові значення R, G і B і зберігає їх у файлі «Блокнот», з якого вже в Excel можна побудувати їхнє графічне уявлення як функцію часу (рис. 3).

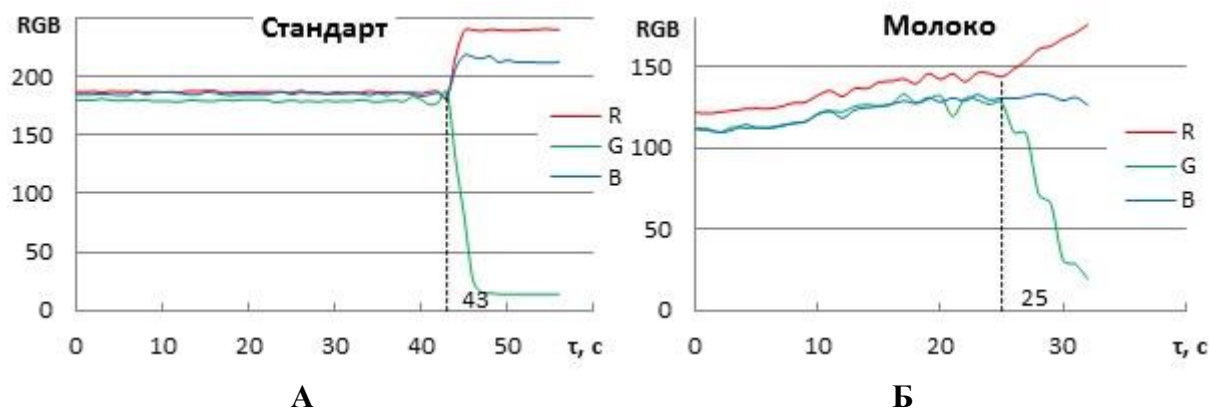


Рисунок 3. Криві RGB-титрування стандартного розчину (а) та проби молока (б)

На рис. 3б наведено приклад определения титруемой кислотности молока коров'ячого питного пастеризованого 2,5 % жирности виробника ТОВ «Еталон плюс», (Костянтинівка Донецької обл.) дводенної давнини. З отриманих даних за формулою (1) розраховуємо титр-секунду титранта NaOH:

$$T_c = \frac{0,1 \cdot 0,001}{43} = 2,33 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{С}} \right]. \quad (3)$$

Число молей NaOH, яке відповідає  $1^\circ\text{T}$  ( $0,001 \text{ дм}^3$   $0,1 \text{ моль/дм}^3$  NaOH), дорівнює:

$$v_{\circ\text{T}} = 0,1 \cdot 0,001 = 10^{-4} \left[ \text{МОЛЬ}/^\circ\text{T} \right]. \quad (4)$$

Звідси визначимо співвідношення між  $T_c$  і  $^\circ\text{T}$ :

$$K_{T_c/^\circ\text{T}} = \frac{T_c}{v_{\circ\text{T}}} = \frac{2,33 \cdot 10^{-6}}{10^{-4}} = 2,33 \cdot 10^{-2} \left[ \frac{^\circ\text{T}}{\text{С}} \right]. \quad (5)$$

Тепер можна визначити кислотність молока в  $^\circ\text{T}$  (100 – на 100 мл проби):

$$^\circ\text{T} = \tau_{\text{пр}} \cdot K_{T_c/^\circ\text{T}} \cdot 100 = 25 \cdot 2,33 \cdot 10^{-2} \cdot 100 = 58,25^\circ\text{T}. \quad (6)$$

На підставі вищевикладеного можна зробити висновки, що методика кольорометричного титрування дозволяє:

- документувати результати аналізу;
- реєструвати сам процес титрування;
- проводити аналіз каламутних емульсій;
- спостерігати за процесом титрування;
- уникнути індикаторної помилки.

### Література

1. Скоропадська С.В., Скиба Г.В. Аналіз визначення кислотності пастеризованого молока // Тези Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції аспірантів, молодих науковців та студентів, присвячених Дню науки; Т.1. – <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/573>
2. Юкало В. Г. Лабораторний практикум з хімії і фізики молока і молочних продуктів. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2018. – 182 с.