

УДК 621.3.077:614.31:637.5

АНАЛІЗ ДИСПЕРСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ІНТЕГРАЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

Сторожук Л.О., к.і.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Тел. (044) 527-85-22

Анотація – робота присвячена дослідженню методу аналізу інтегральних характеристик дисперсного складу за допомогою контактних кондуктометричних комірок.

Ключові слова – технологічний процес, електричні методи, дисперсна система, електричний опір, питома провідність, перетворювач, вимірювальна комірка, інтегральні характеристики.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток переробної промисловості та вимоги міжнародних стандартів посилили вимоги до якості продукції. При переробці м'яса контроль якості продукції здійснюється на всіх етапах, починаючи з відбору сировини. В різних галузях промисловості широко застосовують хімічні, оптичні, седиментаційні, електрохімічні та ін. методи аналізу дисперсних речовин. Також велике значення у визначенні складу і якості продукції мають електричні методи. Їх застосування має ряд суттєвих переваг, таких як швидкодія, можливість використання в дистанційних методах аналізу, високі чутливість, надійність, безпеку, точність і простоту в експлуатації. Сучасні автоматизовані системи контролю складу і якості продукції дозволяють використовувати електричні аналізатори без обмежень щодо керування процесом.

Аналіз останніх досліджень. Визначення якості продукції є актуальним і проблемним питанням. На сьогодні існує широкий вибір способів і методів відповідного визначення. Але виробники намагаються застосовувати безпечні методи діагностування. До них можна віднести електричні методи аналізу дисперсних характеристик м'ясних продуктів. Дослідження базується на фізичних основах електричних методів аналізу з використанням математичного розрахунку [1, 2].

Формулювання цілей статті. Дослідити кондуктометричні методи аналізу дисперсних характеристик м'ясної продукції, що базуються на залежності зміни характеристик електромагнітного поля від структури, складу і фізичних властивостей речовини у процесі їх взаємодії.

Основна частина. У харчовій промисловості кондуктометричний метод аналізу широко використовується для визначення таких інтегральних характеристик дисперсного складу, як концентрація, жирність, вологість з метою контролю і регулювання технологічних процесів і визначення якісних показників продукції. За допомогою контактних кондуктометричних комірок визначають, наприклад, концентрацію різних сольових розчинів, вологість шкір, порошкоподібних сипучих м'ясних продуктів та ін. Домінуючим методом аналізу дисперсних систем за допомогою контактних кондуктометричних комірок є метод вимірювання за допомогою постійного струму або струму низької промислової частоти [3]. Визначення інтегральних характеристик дисперсного складу цим методом ґрунтується на використанні залежності питомої провідності (опору) системи від концентрації і природи розчиненої речовини або від об'ємної частки і електричних властивостей компонентів дисперсної системи. Нехтуючи діелектричними втратами, що є виправданим при низьких частотах змінного струму, шукану інтегральну характеристику дисперсного складу речовини визначають вимірюванням опору контактної комірки, величина якого залежить від питомої провідності:

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S} \quad (1)$$

де $\frac{L}{S}$ – константа вимірювальної комірки;

L – відстань між електродами комірки;

S – площа електродів комірки.

Константу вимірювальної комірки визначають дослідним шляхом за допомогою еталонних розчинів речовин із відомою провідністю. Після вимірювання опору комірки константу комірки розраховують за формулою:

$$\frac{L}{S} = \sigma_e \cdot R \quad (2)$$

де σ_e – питома електропровідність еталонної речовини.

На практиці в якості еталонної речовини широко використовують водний розчин хлориду калію, величина електропровідності якого залежить від концентрації при різних температурах відома з достатньо великою точністю.

Необхідність знаходження константи комірки дослідним шляхом пояснюється складністю аналітичного розрахунку похибки, пов'язаної з нерівномірністю електричного поля вимірювального об'єму комірки, а також можливим відхиленням від розрахованих геометричних характеристик комірки, викликаних конструктивними неточностями при виготовленні та зборці комірки.

Для визначення опору комірки на постійному струмі в кондуктометрії використовується вимірювальні схеми аналізаторів мостового типу. Принципова мостова вимірювальна схема постійного струму складається із чотирьох плечей, які включають в себе опори R_1 , R_2 , R_3 і вимірювальну кондуктометричну комірку з шуканим опором R_x , а також джерело напруги живлення та нуль-інструмент. Шуканий активний опір контактної кондуктометричної комірки знаходиться після приведення вимірювальної схеми моста до стану рівноваги шляхом підбору опорів R_1 , R_2 , R_3 . З умови рівноваги моста постійного струму розраховують шуканий опір комірки.

Для зменшення похибки вимірювання від поляризаційних явищ рекомендується зменшити силу струму і час вимірювання.

В харчовій промисловості контактні кондуктометричні комірки на постійному струмі в основному використовуються у простих вимірювальних приладах типу омметрів і мегомметрів для визначення вологості продуктів, які володіють великим питомим опором. Типова схема омметра складена із джерела живлення, вимірювального та калібрувального опорів R_1 і R_2 і вимірювального приладу. Величину електричного опору речовини знаходять по шкалі приладу, в якості якого використовують мікроамперметр. Шкалу мікроамперметра градуують в одиницях електричного опору або вологості у відповідності з виразом:

$$R_x = R \left(\frac{I_0}{I} - 1 \right), \quad (3)$$

де R – сума постійних опорів кола при замкнутих накоротко затискачах вимірювальної комірки;

I , I_0 – струм в колі, яке містить вимірювальну комірку і при її відсутності.

Електрична схема електровологоміра, вимірювальна частина якого побудована за схемлю послідовного омметра, типовою для електровологомірів, приведена на рис. 1. Вимірюваний опір комірки R_x з речовиною увімкнене послідовно з джерелом струму, гальванометром і опорами R_1 , R_2 . Для вимірювання вологості речовини з високим опором, наприклад шкіри, можна використовувати електронні мегомметри, дія яких основана на вимірюванні падіння напруги U_1 на опорі кондуктометричної контактної комірки, ввімкненої послідовно в електричне коло з еталонного опору R та джерела постійного струму. В якості реєструючого приладу використовують електронний вольтметр. Падіння напруги при проходженні електричного струму через комірку, через її опір, пояснюється вологістю досліджуваного продукту, визначають за виразом:

$$U_x = \frac{U}{\left(1 + \frac{R}{R_x} \right)} \quad (4)$$

де U – напруга джерела живлення постійного струму.

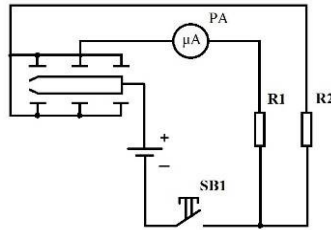


Рис.1. Електрична схема електровологоміра.

Очевидно, при незмінності U шкалу вольтметра можна відградувати в одиницях опору або вологості. Живлення електровологоміра здійснюється від батарейних джерел постійного струму, напруга яких змінюється в часі у зв'язку зі старінням елементів живлення, тому аналізатори перед кожним вимірюванням повинні бути заново відкалібровані. Шкалу омметра, наприклад, з послідовним включенням зразкового опору та кондуктометричного осередку калібрують при замкнених затискачах останньої за допомогою регулювання калібрувального опору $R_{обр}$.

Застосовують електронні вольтметри з операційними підсилювачами ОП, на вхід яких включається зразковий опір, а в ланцюг зворотного зв'язку – вимірювальна величина опору комірки з речовиною. Вихідна напруга операційного підсилювача за такою схемою (рис. 2) пропорційна опору вимірювальної комірки:

$$U_{вих} = -\left(\frac{E}{R_{обр}}\right) \cdot R_x = a \cdot R_x \quad (5)$$

Незважаючи на досить розвинену в кондуктометрії теорію аналізу, кондуктометричні перетворювачі постійного струму в м'ясній промисловості мають обмежене застосування, що пов'язано з побічними електрохімічними явищами, що викликають спотворення результатів вимірів.

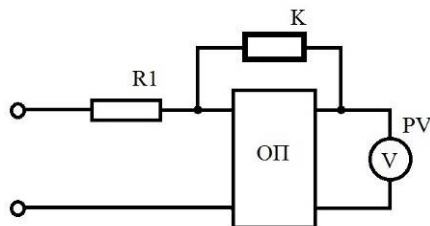


Рис.2 Схема електронного омметра на операційному підсилювачі

Велику популярність мають аналізатори з контактними кондуктометричними комірками, що працюють на змінному струмі порівняно низької частоти. Більшість таких аналізаторів працює на змінному струмі промислової частоти 50 Гц. Проте в окремих випадках частота підвищується до 1000 Гц і більше. Робота аналізаторів на таких частотах дозволяє звести до мінімуму поляризаційні явища і в той же час нехтувати похибками від паразитних ємностей. Найбільше застосування у

вимірювальних пристроях змінного струму низької частоти мають різні варіанти чотириплечих мостів, які на відміну від мостів постійного струму утворені з чотирьох комплексних опорів: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 .

Аналіз речовин за допомогою мостів змінного струму базується на попередньому приведенні вимірювальної схеми до стану рівноваги шляхом виконання певних регулювань комплексних опорів тих чи інших плечей мосту. Однак на відміну від мостів постійного струму для досягнення рівноваги моста змінного струму необхідно регулювати два параметри: модуль і фазу комплексних опорів відповідних плечей мосту. Умова рівноваги моста змінного струму досягається в тому випадку, якщо:

$$|Z_1 Z_3| = |Z_2 Z_4| \text{ і } \varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2 + \varphi_4, \quad (6)$$

де $|Z_1|, |Z_2|, |Z_3|, |Z_4|$ – модулі комплексних опорів;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ – фазні кути комплексних опорів.

Мостова вимірювальна схема врівноважується за модулем за допомогою активних складових, а по фазі – за допомогою реактивних складових комплексних опорів плечей. Зміна при регулюванні активного або реактивного опору викликає одночасну зміну і модуля, і фази, тому операція урівноваження може здійснюватися тільки методом послідовних наближень, що пояснюється тривалістю і трудомісткістю процесу. Кількість поперемінних операцій, необхідних для врівноваження, називається збіжністю мосту, яка характеризує швидкість досягнення рівноваги. Як впливає з виразів (6), рівновагу мостової вимірювальної схеми можна забезпечити набором не довільних, а певних активних і реактивних елементів. Наприклад, якщо вимірювальна комірка із речовиною, включена в одне з плечей мостової схеми, відноситься до напівпровідників і володіє активним опором і ємністю Z_1 , то для врівноваження такого моста по фазі суміжне плече Z_2 має містити також активні і реактивні елементи.

Мостові вимірювальні схеми на змінному струмі збирають за допомогою стандартних елементів З відомих мостових схем найбільш досконалою є мостова вимірювальна схема моста змінного струму з індуктивно-пов'язаними плечима відносини. До основних переваг трансформаторної мостової схеми відноситься висока точність вимірювань, яка пояснюється великою стабільністю параметрів плечей, що є обмотками одного і того ж трансформатора, під дією найрізноманітніших дестабілізуючих факторів, таких, як температура, волога, старіння елементів схеми. Крім того, сильний індуктивний зв'язок між обмотками трансформатора, виконаними у вигляді взаємопов'язаних котушок індуктивності, забезпечує виняткову стійкість плечових співвідношень при дії паразитних провідностей, а також симетрію напруг і сталість коефіцієнта трансформації на обмотках навіть при несиметричних навантаженнях на плечі мостової схеми.

Трансформаторні мости дозволяють перекрити широкий діапазон вимірювання опорів від 0,0001 Ом до 1000 МОм, що є великою перевагою в порівнянні з іншими вимірювальними пристроями.

Висновки. На основі врівноважених низькочастотних мостів змінного струму в м'ясній промисловості розроблено і широко застосовуються різноманітні інтегральні аналізатори складу, які залежно від контролюваного параметра називаються концентратомірами, вологомірами, кислотомірами і т.д.

Виходячи із вище наведеного можна зробити висновок, що у сучасному виробництві м'ясної продукції застосування електричних методів аналізу має актуальність і перспективність.

Література.

1. Барковский В.Ф. Основы физико-химических методов анализа. Учебное пособие / В.Ф. Барковский, Т.Б. Городенцева, Н.Б. Топорова. – М.: Высшая школа, 1983. – 248 с.
2. Говоров В.А. Электрические и магнитные поля / В.А. Говоров – М.: Пищевая промышленность, 1960. – 463 с.
3. Рогов И.А. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов. / И.А. Рогов, А.В. Горбатов, В.Я. Свинцов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.

АНАЛИЗ ДИСПЕРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Сторожук Л.А.

Аннотация

Работа посвящена исследованию метода анализа интегральных характеристик дисперсного состава при помощи контактных кондуктометрических ячеек.

THE ANALYSIS OF DISPERSED CHARACTERISTICS OF MEAT PRODUCTS BY ELECTRICAL INTEGRAL METHODS

L. Storozhuk

Summary

The work is devoted to the method of analysis of the integral characteristics of the particulate composition with contact conductivity cells.