



Міхалєва М. С.

КОНТРОЛЬ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА СПЕКТРАЛЬНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Представлено аналіз результатів експериментальних досліджень водних екстрактів твердого сиру у широкому електромагнітному полі частот. Виявлено індивідуальні спектральні характеристики для рідин з вмістом харчової добавки Е 225. Запропоновано метод швидкого контролю концентрації Е 225 без лабораторних умов та вартісної апаратури.

Ключові слова: контроль харчових продуктів, Е 225, комплексна провідність, кондуктометрична комірка, багатокомпонентна рідина.

1. Вступ

Безпека продовольчої сировини та продуктів харчування є одним з основних факторів, що визначають здоров'я людей та збереження генофонду. Небезпечними можуть бути речовини, які додаються для покращання якості харчових продуктів — харчові добавки. До нормативного забезпечення вимірювання характеристик безпеки передбачаються підвищені вимоги. Виконання цих вимог під час виробництва та реалізації харчової продукції не можливе без впровадження оперативних методів контролю концентрацій нормованих речовин. Стандартні дослідження ускладнені багатоетапністю. Тому дослідження з метою удосконалення оперативних методів контролю складу є своєчасними та актуальними.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В даній роботі досліджувалися водні екстракти твердих молочних сирів на вміст нітратів з допомогою електричного методу. Нітрат калію (харчова добавка Е 252) — це харчова добавка-консервант, яку використовують для збільшення терміну придатності сиру.

Безпеку сирів контролюють за вмістом токсичних речовин, до яких відносяться і нітрати. В зв'язку з токсичністю нітратів використання їх, як харчову добавку, регламентується Постановами Кабінету Міністрів України, санітарними правилами та нормативною документацією на окремі види харчових продуктів (граничнодопустима концентрація нітрату калію від 0,01 г/кг).

Консервант Е 252 має властивість пригнічувати кисень у крові. Дітям до шести років категорично не рекомендується вживати продукти з цим консервантом. Тому в деяких країнах відмовляються від використання нітрату калію в харчовій промисловості.

На теперішній час необхідно визначати тисячні відсотки на протязі декількох хвилин. Методи стандартних досліджень, навіть при досконалії техніці роботи, не відповідають таким вимогам. Межі використання цих методів визначаються точністю аналітичних ваг (0,0001 г) та інтервалом переходу забарвлення індикаторів і, перед все, необхідністю довгих визначальних методів розділення з певними своїми похибками вимірювання. Для контролю Е 252 призначений стандартний потенціометричний метод. На точність таких вимірювань впливає

багатокомпонентність досліджуваної рідини та виконання багатоетапних аналітичних дій.

Найпоширенішим і досить вивченим методом досліджень рідин є кондуктометричний метод. На засадах цього методу у даній роботі виконувалися теоретичні і експериментальні дослідження іммітансної спектроскопії, як частини кондуктометричних досліджень.

Суть цього методу полягає у подачі синусоїдального сигналу малої амплітуди на дослідну систему і вивченні визваного ним сигналу — відгуку на виході. Можливість методу визначаються сукупністю наступних переваг: вимірюваний у достатній широкій частотній області іміданс (або адмітанс) має у собі всю інформацію, яка може бути отримана з використанням різних постійно-струмових методів; експериментальна ефективність (об'єм отриманої інформації у порівнянні з затратами на експеримент) є високою [1].

Іммітансний метод спектроскопії на сьогодні використовується для вивчення вивчення антикорозійних гетероструктур, електродних матеріалів, і непродієвних твердих розчинів. Іммітансний метод для досліджень концентрацій складників багатокомпонентних рідин, як свідчить опрацьована наукова література, не використовувався.

Частотна залежність діелектричних втрат є характеристикою матеріалу і може використовуватися для визначення складу рідини. Як правило, втрати мають максимальні значення при одній або декількох частотах, в залежності від типу молекул та їх зв'язків. Наявність максимумів пов'язана з поворотом полярних молекул у рідкому діелектрику. Таке дослідження частотної поведінки втрат відоме під назвою «діелектрична спектроскопія», що вивчає структуру речовин.

Діелектричні властивості залежать від механізму поляризації, якій належать певна частота і час процесу. Електронна поляризація відбувається у нейтральному атомі, коли електронна хмара зміщується відносно його ядра. Атомна поляризація відбувається, коли електронна хмара деформується під дією поля. Релаксаційні впливи, які виникають при обертаннях або вібрацій часточок (атомів, іонів або електронів) спостерігаються у околі їхніх характерних частот абсорбції.

Отже фундаментальною характеристикою діелектриків є діелектрична проникність, що базується на процесах електричної поляризації. Дослідження результатів вимірювання з допомогою RLC-метрів дають можливість

збільшити інформацію про склад багатокомпонентних рідин за їх електричними властивостями. Ця важлива інформація є селективність [2–10].

Метою проведених досліджень є розроблення способу швидкої ідентифікації та визначення концентрації нітратів у твердому сири за електричними параметрами. Пропонується розроблення нового електричного способу досліджень водної екстракції сиру для експресного контролю вмісту нітрату калію у сири.

Об'єктом дослідження роботи — є залежність концентрації нітрату калію від електричних властивостей водної багатокомпонентної суміш з вмістом цієї речовини. Предметом дослідження є водний екстракт твердого сиру.

3. Результати досліджень

Відповідно до стандартних експериментальних аналітичних прийомів досліджувалися модельні рідини з можливим складом водної екстракції сиру; готувалися модельні двокомпонентні рідини на базі молочної сироватки з різним вмістом нітрату калію, хлориду натрію, сульфату міді та їхні суміші. Модельні рідини поміщалися в ємнісний первинний перетворювач з квадратними електродами з нержавіючої сталі, які повністю занурювалися у посудину (об'єм рідини не впливав на ємність перетворювача). Вимірювалися значення активної та реактивної складових провідності у широкому полі частот від 50 Гц до 100 КГц. Результати досліджень приведені у табл. 1 та рис. 1.

Експериментальні результати дослідження

f , Гц	В сироватка	Вс + NaCl	Вс + KCl	Вс + CuSO ₄	Вс + KNO ₃	Вс + KNO ₃ + NaCl	Вс + KNO ₃ + NaCl + CuSO ₄
50	0,005549	0,020122	0,0187	0,014443	0,021449	0,022903	0,02426
60	0,005802	0,020621	0,0194	0,015103	0,022396	0,023987	0,025508
100	0,006136	0,021366	0,0191	0,017068	0,024685	0,026687	0,028747
120	0,006242	0,021414	0,0191	0,01777	0,025327	0,027478	0,029743
200	0,006261	0,020848	0,0181	0,01988	0,026432	0,028984	0,031871
400	0,005894	0,018757	0,016	0,022629	0,026039	0,028951	0,03253
500	0,005694	0,017885	0,0142	0,023526	0,025527	0,028488	0,032162
1000	0,004859	0,014788	0,0121	0,025774	0,022511	0,025369	0,029202
2000	0,003902	0,011752	0,0094	0,02762	0,018626	0,021098	0,024584
4000	0,002984	0,009127	0,0073	0,028997	0,014662	0,016633	0,019541
5000	0,002726	0,008392	0,0055	0,029343	0,013467	0,015279	0,017981

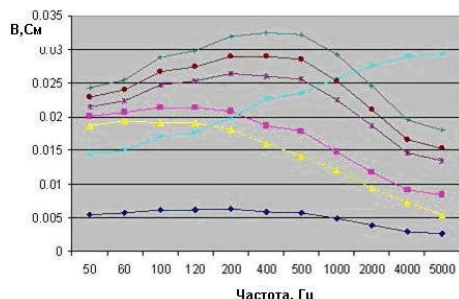


Рис. 1. Спектральні залежності реактивної складової для двокомпонентних та багатокомпонентних модельних рідин з різним вмістом речовини: — В сироватка; — Вс + NaCl; — Вс + KCl; — Вс + CuSO₄; — Вс + KNO₃; — Вс + KNO₃ + NaCl; — Вс + KNO₃ + NaCl + CuSO₄

Спектральна залежність активної складової не стала для даних вимірювань інформативною. Причиною неінформативності є неселективність вимірювань для складових рідини. В результаті досліджень виявлено, що присутність нітрату калію у молочної сироватці впливає на індивідуальність залежності реактивної складової від частоти (в тому числі і наявність екстремуму на певній частоті) електромагнітного поля. Це дає можливість за формою залежності — спектра виявити вміст нітрату в багатокомпонентній суміші, а за амплітудою екстремуму — концентрацію.

Новий метод контролю складу рідин базується на вимірюванні значень реактивної складової провідності досліджуваної рідини у широкому діапазоні частот або на визначеній за методикою одній частоті [6]. Спосіб контролю вмісту нітрату калію працює наступним чином. Вимірні значення або спектральна залежність співставляється з встановленими у методиці значеннями чи залежностями для порівняння. За результатами порівняння (амплітуди екстремуму) судять про вміст небезпечної речовини.

Найменша концентрація речовини, яка може бути визначена за розробленими способами — 0,005 г/л. Вимірювання виконується у реальному часі (без відбору проб і концентрування). Точність аналізу складає 1–10 % і достатня для аналізування багатьох видів багатокомпонентних рідин. Важливою перевагою методу є малий час вимірювання, який не перевищує декількох секунд. Простота конструкції дозволяє швидко виконання ма-

Таблиця 1

сових аналізів для широкого переліку контрольованих речовин. Описаний спосіб дає змогу автоматизувати експрес-контроль складу рідин та можуть використовуватися у реальних виробничих умовах.

4. Висновки

Основні результати роботи. Запропоновано електричний метод досліджень рідин, що базується на засадах кондуктометричного та діелькометричного методів. На експериментально отриманих залежностях реактивної складових провідності модельних водних екстрактів сирів у широкому діапазоні електромагнітних частот виявлена індивідуальна спектральна залежність для вмісту нітрату калію. На базі отриманих наукових фактів запро-

поновано спосіб оперативного контролювання концентрації нітратів в твердих сирах за електричними параметрами.

Впровадження розробленого методу та способу створює умови для переходу від лабораторних умов контролю до оперативних та дозволяють вирішувати завдання підвищення надійності контролю, сприяє економії матеріальних ресурсів та забезпечує мінімальний вплив на здоров'я людини.

Література

1. Походило, Є. В. Імітансний контроль якості [Текст] : монографія / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук. — Львів: Львівська політехніка, 2012. — 164 с.

2. Міхалева, М. С. Дослідження сучасного стану метрологічного забезпечення, нормування якості харчової продукції, національна стратегія вирішення проблем її якості та безпечності в Україні [Текст] / М. С. Міхалева, О. В. Кутенська // Вісник НУ «Львівська політехніка». — Автоматика, вимірювання та керування. — 2008. — № 608. — С. 143–149.
3. Міхалева, М. С. Шляхи вдосконалення нормування показників якості водних середовищ [Текст] / М. С. Міхалева, П. Г. Столярчук, Т. Г. Бойко, Т. З. Бубела // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2008. — № 2. — С. 34–37.
4. Міхалева, М. Проблеми нормування якості водних середовищ, стічних вод, апаратне і метрологічне забезпечення системи гідро моніторингу [Текст] / М. Міхалева, П. Столярчук // Вимірвальна техніка та метрологія. — 2008. — Вип. 68. — С. 199–203.
5. Нечаев, А. П. Пищевая химия [Текст] / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова и др.; под ред. А. П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2001. — 592 с.
6. Міхалева, М. С. Розвиток нормативно-технічного забезпечення оперативного визначення характеристик рідин для контролю стічних вод [Текст] : рукопис, автореферат / М. С. Міхалева. — Львів, 2012.
7. Majewski, J. Zastosowanie sensorów pojemnościowych do szybkiej kontroli parametrów roztworów wieloskładnikowych [Text] / J. Majewski, P. Malaczewski, V. Yatsuk, P. Stolyarczuk, M. Michalewa // Przegląd Elektrotechniczny. — 2010. — Nr 10. — P. 92–95.
8. Stolyarczuk, P. Electric Sensors for Express-Method Checking of Liquid Quality Level Monitoring [Text] / P. Stolyarczuk, V. Yatsuk, Y. Pokhodylo, M. Mikhalieva, T. Boyko, O. Basalkevych // Sensors & Transducers Journal. — 2010. — № 2, Vol. 8. — P. 88–98.
9. Міхалева, М. С. Результати експериментальних досліджень модельних водних розчинів новим електричним імпедансним

методом [Текст] / М. С. Міхалева // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — Автоматика, вимірювання та керування. — 2010. — № 665. — С. 169–173.

10. Stolyarchuk, P. Multicomponent Liquids' Research [Text] / P. Stolyarchuk, M. Mikhalieva, V. Yatsuk, Ye. Pokhodylo, O. Basalkevych // Sensors and Transducers Journal. — January 2013. — Vol. 148, Issue 1. — P. 95–99. — e-ISSN 1726-5479, ISSN 2306-8515.

КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Представлен анализ результатов экспериментальных исследований водных экстрактов твердого сыра в широком электромагнитном поле частот. Выявлены индивидуальные спектральные характеристики для жидкостей с содержанием пищевой добавки E 225. Предложен метод быстрого контроля концентрации E 225 без лабораторных условий и стоимостной аппаратуры.

Ключевые слова: контроль пищевых продуктов, E 225, комплексная проводимость, кондуктометрическая ячейка, многокомпонентная жидкость.

Міхалева Марина Станіславівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: galmih@ukr.net.

Михалева Марина Станиславовна, кандидат технических наук, старший научный работник, доцент, кафедра метрологии, стандартизации и сертификации, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.

Mikhalieva Maryna, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: galmih@ukr.net

УДК [519.85 + 519.2]: 66.662.7

**Тевяшев А. Д.,
Асаенко Ю. С.**

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ
КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА
ТРАНСПОРТА ПРИРОДНОГО ГАЗА
ПО УЧАСТКУ ТРУБОПРОВОДА**

В статье приводятся результаты сравнения метода имитационного моделирования и метода статистической линеаризации для анализа статистических свойств стохастической модели квазистационарного неизотермического режима транспорта природного газа на линейном участке магистрального газопровода. Метод статистической линеаризации может быть использован для улучшения скорости обработки данных, метод имитационного моделирования обеспечивает высокую точность.

Ключевые слова: *стохастическая модель, линейный участок, метод статистической линеаризации, метод имитационного моделирования.*

1. Введение

Природный газ в Украине является одним из базовых энергоносителей. Он является предметом коммерческих сделок между добывающей компанией, газотранспортными компаниями, региональными компаниями поставщиков газа и конечными потребителями.

Проблема моделирования и оптимизации режимов работы газотранспортных систем (ГТС) была и остается

одной из актуальных проблем в трубопроводных системах энергетики.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В настоящее время накоплен значительный опыт по математическому моделированию и оптимизации режимов транспорта и распределения природного газа