

ФОТОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ – ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ

Є.Є. Костенко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

e-mail: kostenkoelizaveta@ukr.net

Фотометричний аналіз – відомий, надійний та простий метод контролю якості та безпеки харчових і біотехнологічних об'єктів, лікарських препаратів та інших об'єктів довкілля. Доступність і простота обладнання, велика кількість чутливих і селективних методик фотометричного визначення органічних та неорганічних речовин, хороша сумісність з різними способами концентрування та розділення – ось основні переваги фотометричного аналізу. Нині немає жодного катіона чи аніона, що не можна було б ідентифікувати та визначити у розчині чи у твердій фазі (метод твердофазної спектрофотометрії – ТФС), користуючись прямим чи гібридним фотометричним методом.

1. Використання фотометричного аналізу в контролі якості харчових продуктів [1]

Фотометричний аналіз використовується для визначення:

- домішок (альдегідів, сивушного масла, фурфурола, метилового спирту у спирті з фуксиносірчистою кислотою методом градувального графіка;
- вмісту сивушного масла з розчином парадиметиламінобензальдегіду у конц. H_2SO_4 , $\lambda = 490$ нм; метилового спирту у спирті «Екстра», вищого очищення та першого сорту (формальдегід, який утворюється при окисненні перманганатом калію, взаємодіє з фуксиносірчистою кислотою, $\lambda = 582$ нм).
- Ca(II), Mg(II), Sn(IV), Zn(II), Cr(III, VI), Al(III), Pb(II), Fe(III), Cu(II), P у пиві, вині, коньяках, молоко- та м'ясопродуктах, тощо;
- якості етилового спирту та горілки ($\lambda = 250...270$ нм). Чим вище ступінь очищення спирту, тим нижче інтенсивність його УФ-поглинання. Сивушні масла та інші домішки підвищують оптичну густину у вказаній області спектру;
- кольору м'якуша і скоринки хліба;
- колірності у пивоварінні, де кожен сорт пива повинен мати певну інтенсивність забарвлення, відповідну до ГОСТу; в лікєро-горілчаному виробництві; виробництві безалкогольних напоїв. Визначення мутності напоїв.;
- колірності меляси, сусла, житнього солоду (витяжки), рідкого цукру тощо. Метод фотометричного титрування для визначення колірності пива, сусла, квасу сухого хлібного, квасних житніх хлібців та ін., для визначення меланоїдинів у пиві, суслі.
- Колір ферментованого та неферментованого солоду визначають фотометрично методом порівняння з розчином J_2 .
- спирту методом градувального графіка (перехід жовтого забарвлення $K_2Cr_2O_7$ у зелене Cr^{3+}) у барді, воді, яка виходить з дефлегматора та холодильника брагоректифікаційних апаратів.
- активності ферментних препаратів (за кількістю утворених при гідролізі продуктів). Застосовується для контролю зцукрувальних матеріалів у виробництві спирту та оцінці якості ферментних препаратів.

- цукру в спирті, спиртованих соках та морсах (реакція редуруючих цукрів та пикриноювою кислотою; вимірюється інтенсивність коричневого забарвлення). Визначення цукру у напівфабрикатах.
- незброджених цукрів у мелясній бражці (рожеве забарвлення у концентрованій соляній кислоті з резорцином). Для визначення дійсних витрат зброджуваних цукрів у виробництві спирту з меляси;
- вмісту гліцерину у зброджуваних зерново-картопляних середовищах та зброджуваних мелясних розчинах (реакція формальдегіду, який утворюється при окисненні гліцерину) $\lambda = 490, 540$ нм.
- вмісту складних ефірів за інтенсивністю забарвлення сполуки, яка утворюється при взаємодії складного ефіру та гідроксиламіну у лужному середовищі ($\lambda = 540$ нм) після реакції хлориду заліза з гідроксамовою кислотою.

II. Використання твердофазного фотометричного аналізу в контролі якості харчових продуктів та інших об'єктів довкілля [2,3,4].

На основі отриманих даних про іммобілізацію барвників на іонітах та про взаємодію іонів металів чи їх комплексів з іммобілізованими барвниками розроблено 40 проектів методик твердофазного спектрофотометричного (ТФС) і фотометричного визначення іонів металів у об'єктах харчових технологій, біотехнології, довкілля, штучних сумішах і сплавах; запропоновані схеми встановлення мікроелементного складу харчових продуктів. Розроблено методику ТФС визначення нікотинової кислоти у препараті «Нікошпан», що не потребує складної пробопідготовки. Оцінка метрологічних характеристик розроблених методик виконана на різних об'єктах аналізу із застосуванням методу добавок, стандартних зразків та порівнянням з іншими методами аналізу. Відносне стандартне відхилення розроблених методик ТФС-визначення не перевищує 0,10, що свідчить про задовільну відтворюваність результатів. Розроблені методики перевищують більшість стандартних та кращі аналогічні, відомі з літератури, за чутливістю та селективністю.

Високі коефіцієнти розподілу ($D \geq 10^4$ см³/г) іонів металів сприяють зниженню межі визначення при застосуванні іммобілізованого барвника порівняно з реакцією в розчині. За значенням МВ запропоновані методики сорбційно-спектрофотометричного визначення іонів металів поступаються тільки методам атомно-абсорбційного (ААС) визначення іонів Cd(II) і Hg(II), і полярографічного визначення іонів Cd(II). Проте, МВ запропонованих методик визначення цих іонів металів достатня для визначення іонів Cd(II) і Hg(II) у харчових продуктах на рівні ГДК. У випадку визначення іонів Pb(II), Zn(II), Cu(II), Fe(III) розроблені методики мають переваги порівняно зі стандартними методиками визначення іонів металів у харчових продуктах, оскільки дають можливість визначати ці іони на рівні $\leq 0,1-0,5$ ГДК. Зростання селективності визначень з барвниками, іммобілізованими на іонообмінниках пояснюється зміною мікрооточення досліджених барвників при іммобілізації.

Експресність запропонованих методик забезпечується впливом ультразвуку на аналізований зразок під-час його пробопідготовки, а також – на систему розчин зразка – іонообмінник з іммобілізованим барвником під час встановлення сорбційної рівноваги. Іонообмінники з іммобілізованими барвниками та методики твердофазного спектрофотометричного визначення за їх участю екологічно безпечні, оскільки не

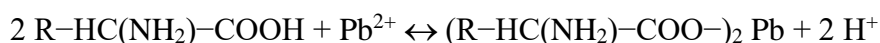
потребують використання токсичних органічних реагентів; прості у виконанні та економічно вигідні через низьку собівартість використовуваних матеріалів і реагентів.

III. Використання фотометричного аналізу для встановлення протекторних властивостей харчових об'єктів щодо іонів Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} .

Встановлено, що харчові продукти здатні зв'язувати іони Pb (II), Cd (II), Hg (II) як за рахунок комплексоутворення з функціонально-активними угрупованнями (ФАУ) їх основних компонентів і харчових добавок (білки, пектинові речовини, вітаміни тощо), так і за рахунок фізичної адсорбції цих іонів поверхнею харчових продуктів.

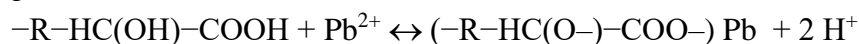
Можна припустити, що частина іонів токсичних металів зв'язується за рахунок комплексоутворення з:

фрагментами амінокислот за схемою:

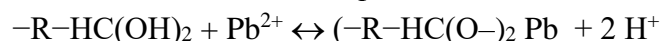


Аналіз цих результатів і дані літератури, дозволили зробити припущення щодо координації іонів досліджуваних металів за атомами нітрогену аміно-груп і атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в карбоксильних групах з утворенням двох 5-членних циклів.

пектиновими речовинами за схемою:



вітамінами та іншими біологічно активними речовинами за схемою:



за рахунок фізичної адсорбції на поверхні харчового продукту.

Встановлено, що функціонально-аналітичні угруповання основних компонентів харчових продуктів та добавок здатні зв'язувати іони Pb (II) та інших токсичних металів, що може бути враховано при розробці рекомендацій щодо раціонального дієтичного харчування для різних груп населення.

Показано, що здатність основних компонентів харчових продуктів та харчових добавок зв'язувати іони токсичних металів, є одним з важливих чинників, що характеризують цінність будь-якого харчового продукту. Запропонований показник протекторних властивостей щодо іонів токсичних металів (ППВ-Pb, ППВ-Cd, ППВ-Hg, тощо) виражається в кількості мг металу, що сорбується на 1 г продукту.

Література

1. Основи аналітичної хімії [Електронний ресурс]: підручник / Є.Є. Костенко, М.Й. Штокало, М.Г. Христіансен, В.Г. Дроков, О.М.Бутенко, В.Д.Ганчук . – К.: НУХТ, 2019. – 441 с.
2. Костенко Є. Є. Хіміко-аналітичні властивості азобарвників, іммобілізованих на аніоніті АВ-17×8, та використання їх в аналізі харчових об'єктів / Є. Є. Костенко // Укр. хим. журн. – 2011. – Т. 77, № 8. – С. 107 - 115.
3. Костенко Є. Є. Хіміко-аналітичні властивості сульфогфталейнових барвників, іммобілізованих на аніоніті АВ-17×8 та їх використання в аналізі харчових об'єктів / Є. Є. Костенко // Методи та об'єкти хім. аналізу. – 2011. – Т. 6, № 1-2. – С. 56 - 70.
4. Kostenko E.E., Butenko E.N, Golubeva M.A. Arseneva L.U. Schemes of solid-phase spectro-photometric analysis of food objects EUREKA: Life Sciences, № 3, 2018, P.33 – 40.