МОНІТОРИНГ ВМІСТУ КОФЕЇНУ В РІЗНИХ ВИДАХ ЧАЮ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ

Соф'я Мукомела, Олег Погребняк
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
e-mail: mukomela.sofia2222@vu.cdu.edu.ua

Чай є одним із найпоширеніших напоїв у світі. Ключовим біологічно активним компонентом чаю є кофеїн – алкалоїд пуринового ряду, який стимулює центральну нервову систему, підвищує розумову та фізичну працездатність. Причому вміст кофеїну в чайній продукції може значно варіювати залежно від виду сировини, умов обробки, способу заварювання та інших факторів. Враховуючи значну різноманітність представлених на ринку видів чаю, що відрізняються технологією обробки та походженням сировини, питання моніторингу фактичного вмісту кофеїну є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки споживання та контролю якості продукції.

Серед сучасних методів аналізу кофеїну широко застосовуються хроматографічні та спектрофотометричні методи. Незважаючи на високу точність хроматографії, вона потребує складного обладнання та значних витрат. Натомість УФ-спектрофотометрія є більш доступною, швидкою та економічно доцільною, що робить її перспективною для рутинного аналізу та навчальних досліджень. У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення методики визначення кофеїну в різних видах чаю з використанням УФ-спектрофотометрії.

Метою роботи є встановлення кількісного вмісту кофеїну в різних видах чаю методом УФ-спектрофотометрії та оптимізації умов пробопідготовки та аналізу.

Для проведення кількісного аналізу було використано наступне обладнання: ваги лабораторні SF–400C, спектрофотометр MAPADA UV-1600 з кварцовими кюветами (l = 1 см), лабораторний механічний струшувач, чайник електричний та ділильна лійка.

Для підготовки стандартного розчину кофеїну з концентрацією 1 мг/мл як вихідну сировину використовували фармацевтичний препарат «Кофеїн-бензоат натрію» у формі розчину для ін'єкцій із номінальною концентрацією діючої речовини 100 мг/мл. Екстракцію кофеїну проводили дихлорметаном (вміст $CH_2Cl_2 \geq 99{,}8$ %, що містить амілен як стабілізатор). Для проведення кількісного аналізу було використано зразки чорного та зеленого чаю у листовій та пакетованій формі різних торгових марок.

Побудову градуювального графіка проводили за серією стандартних розчинів кофеїну в діапазоні концентрацій від 5 до 100 мг/л шляхом послідовного розведення розчину для ін'єкцій кофеїн-бензоату натрію. Приготовлені робочі розчини з точно відомим вмістом аналіту, піддавали екстракції 10 мл розчину дихлорметану, струшували на лабораторному шейкері протягом 5 хвилин. Після розшарування фаз розчин переносили у ділильну лійку і зливали нижній органічний шар, який використовували для подальшого вимірювання на спектрофометрі з використанням чистого розчину дихлорметану як розчину порівняння.

У результаті було отримано УФ-спектри стандартних розчинів алкалоїду на основі яких побудували градуювальний графік для визначення вмісту кофеїну. За допомогою програми *OriginPro 8E* було проведено розрахунок довірчих інтервалів отриманих результатів та виведено математичний зв'язок між аналітичним сигналом та концентрацією кофеїну в екстракті у вигляді лінійного рівняння:

$$A_{290} = (0{,}2017 \pm 0{,}0180) + (0{,}0136 \pm 0{,}0004) \cdot C(\text{кофеїну}),\ мг/л.$$

Межа виявлення, розрахована за 3s-критерієм, становить 3,95 мг/л, а коефіцієнт кореляції склав 0,9957 (n = 8). Діапазон лінійності градуювального графіка знаходиться в межах 5,0 − 100,0 мг/л.

Підготовку робочих розчинів чаю здійснювали наступним чином: наважку досліджуваного зразка чайного листя масою 500 мг поміщали у термічно стійкий хімічний стакан на 250 мл та додавали до нього 100 мл киплячої дистильованої води. Отриманий розчин охолоджували протягом 5 хвилин і фільтрували, після чого кількісно переносили у конічну колбу з притертою пробкою ємністю 250 мл. Для екстракції до розчину додавали 10 мл розчину дихлорметану, щільно закривали колбу пробкою і ставили струшувати на механічну мішалку протягом 5 хвилин. Для швидшого руйнування емульсії органічної фази до розчину додавали наважку хімічно чистого натрій хлориду масою 1 г [3]. Після повного розшарування фаз розчин переносили у ділильну лійку і зливали нижній органічний шар, який використовують для подальшого спектрофотометричного аналізу з використанням чистого розчину дихлорметану як розчину порівняння.

У результаті вимірювань і подальших обрахунків було встановлено вміст кофеїну у семи досліджуваних зразках чайної сировини (табл. 2).

Таблиця 2.

Вміст кофеїну у досліджуваних зразках чайної сировини

№ зразка	Вид чаю	Форма	Вміст кофеїну, мг/г
1	чорний	листова	13,79
2	зелений	листова	12,24
3	чорний	листова	15,72
4	зелений	листова	14,58
5	зелений	листова	11,97
6	чорний	пакетована	18,50
7	зелений	пакетована	16,02

Аналіз експериментальних даних дозволяє виявити певну залежність концентрації кофеїну в отриманих водних екстрактах від ступеня подрібнення досліджуваної сировини. Встановлено, що зразки пакетованого чаю характеризуються вищим середнім вмістом кофеїну у розчині (16,02–18,50 мг/г) порівняно із листовими аналогами (11,97–15,72 мг/г), незважаючи на ідентичні умови заварювання. Зазначена закономірність пояснюється тим, що швидкість масопереносу у розчині прямопропорційно залежить від площі поверхні розділу фаз. Відповідно, висока дисперсність пакетованої форми забезпечує інтенсивнішу дифузію алкалоїду в об'єм розчинника, порівняно з листовою формою сировини.

Таким чином, отримані результати коректно відображають реальний вміст «доступного» кофеїну, який переходить у чайний напій за стандартних умов побутового приготування, та підтверджують суттєвий вплив фактора дисперсності сировини на ефективність вилучення кофеїну.

Список використаних джерел

1. Zhukovetska O. Solvatochromic properties of some 6,7-dihydroxybenzopyryllium perchlorate derivatives. Ukrainian Chemistry Journal. 2023. Vol. 89, №. 8. P. 117–126.

2. Absorption of uv rays by caffeine solution in various solvents / Z. Abdija et al. JNSM - journal of natural sciences and mathematics of UT. 2025. Vol. 10, no. 19-20. P. 230–243.

3. Raynie D. E. Enhancing extractions by salting out. LCGC north america. 2023. P. 262–265.