

How to cite: Rusyn, V., & Kapshyn, S. (2023). Research of Benzothiazolecarbocyanine in Aqueous Solutions. *Global Innovations and Collaborative Solutions in Contemporary Science* (pp. 133-138). Futurity Research Publishing. https://futurity-publishing.com/international_conference_3/

Дослідження бензотіазолкарбоціаніна у водних розчинах

Research of Benzothiazolecarbocyanine in Aqueous Solutions

Русин Васирина Михайлівна¹, Капшин Сергій Олександрович²

¹ к. х. н., доц., Ужгородський національний університет, Україна

² студент, Ужгородський національний університет, Україна

Accepted: November 6, 2023 | **Published:** November 17, 2023 | **Language:** Ukrainian

Abstract: This article is devoted to the use of cyanine dyes in analytical chemistry, namely the prospect of using benzothiazole carbocyanine in analysis, as well as the study of an aqueous solution of this dye using spectrophotometry. In the study, a number of factors that can affect the condition of the dye in the water environment were studied, in particular, its concentration and the working range of the medium's acidity. The effect of anionic surfactants on the color change of benzothiazolecarbocyanine in solutions was also investigated, and it was determined how the absorption spectrum of the dye changes under the influence of surfactants. The obtained results can serve for further research of the dye and the development of spectrophotometric methods using it.

Keywords: cyanine dyes; cyanine; benzthiazole carbocyanine; spectrophotometry; anionic surfactants.

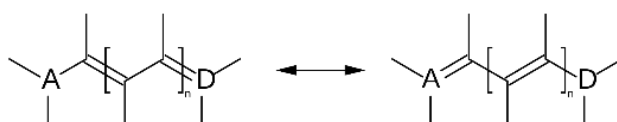
Вступ

Барвники – це сполуки, природного чи синтетичного походження, які здатні інтенсивно поглинати і перетворювати енергію електромагнітних випромінювань (світлову енергію) у видимій і ближніх ультрафіолетовій (УФ) та інфрачервоній (ІЧ) областях спектра, і застосовуються для надання цієї властивості іншим тілам. Залежно від характеру перетворення енергії, що поглинулася молекулою, ці сполуки мають забарвлення, люмінесценцію або здатність впливати на фотохімічні процеси (Ягодинець та ін., 2019).

Метинові барвники – це група синтетичних барвників, хромофорна система яких складається з спряжених подвійних зв'язків (полієнів), фланкованих двома кінцевими групами – акцептором електронів А та донором електронів D (Welsch, 2006b; Zollinger, 2003):

Рисунок 1

Принцип будови метинових барвників



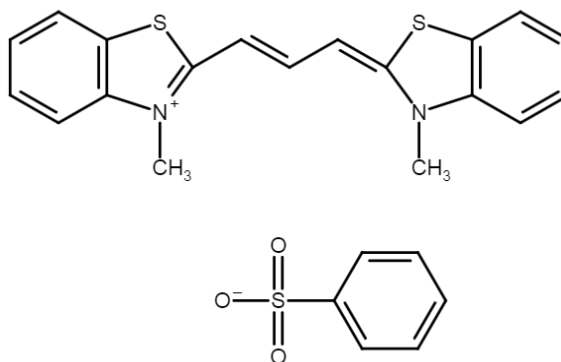
Джерело: (Welsch, 2006b).

Метинові барвники можна охарактеризувати як полієнові барвники з кінцевими електронодонорними та акцепторними групами.

Ціанінові барвники – збірне поняття для синтетичних, органічних барвників із групи поліметинових барвників. Спочатку вони використовувалися і досі використовуються для збільшення діапазону чутливості фотографічних емульсій, тобто для збільшення діапазону довжин хвиль, які формуватимуть зображення на плівці, роблячи плівку панхроматичною (Berneth, 2008). Більшість ціанінів чутливі до світла, тому вони мають низьку стійкість кольору і, як правило, не підходять для фарбування текстилю. Ціаніни також використовуються в лазерах на органічних барвниках і як ліки від глистових інфекцій (Welsch, 2006a).

Рисунок 2

Формула 3,3'-диметилтіакарбоціанін бензосульфонату (бензтіазолкарбоціанін)



Джерело: власна розробка авторів

Бензотіазолкарбоціанін (БТК) – це аніонний барвник, який входить у групу бензотіазолціанінових барвників і має широке застосування у біології та біохімії, зокрема у вивченні структури та функцій біомолекул. Цей барвник може бути використаний для маркування протеїнів та інших біомолекул, а також для визначення концентрації різних біомолекул у розчинах (Deligeorgiev, 2009; Ogul'chansky, 2001; Volkova, 2008).

Бензотіазоли – це група барвників, які мають планарну структуру, що є суттєвим критерієм для зв'язування нуклеїнових кислот і, отже, для їх застосування як ефективного біологічного маркера (Kovalska, 2006). Використання сполук бензотіазолу як агентів візуалізації *in vivo* для хвороби Альцгеймера вважається великим проривом у дослідженнях бензотіазолу (Klunk et al., 2004).

Бензотіазолкарбоціанін має сильний абсорбційний максимум в області 590 нм, що дозволяє використовувати його для вимірювання оптичної щільності розчинів біологічних молекул.

Експериментальне визначення

Робочий розчин основного барвника – 3,3'-диметилтіакрбоціанін бензосульфونات (БТК) із концентрацією $1 \cdot 10^{-3}$ М готували розчиненням наважки $q = 0,0494$ г препарату в дистильованій воді з попереднім додаванням 10 мл етилового спирту.

Розчин АПАР – вихідний розчин додецилбензенсульфонат натрію з концентрацією 10^{-2} М готували із наважки $q=0,3484$ г з розчиненням у дистильованій воді.

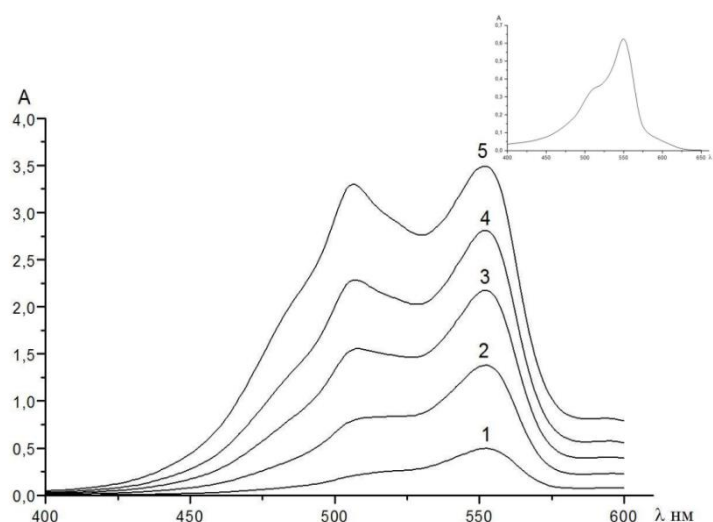
При виконанні роботи оптичну густину забарвлених розчинів вимірювали на спектрофотометрі "Spekol 11" з товщиною поглинаючого шару 1 см та спектрофотометрі "SHIMADZU UV-2600".

Research Results

Вплив концентрації барвника. Приготування водних розчинів БТК проводилось таким чином: серія розчинів з $V_{(БТК(C=10^{-3} \text{ М}))} = 0,1-1,0$ мл відповідно доводиться дистильованою водою об'єм водної фази до 5 мл. Діапазон вимірювання: [400-600нм]. Вимірювання проводилось на спектрофотометрі "SHIMADZU UV-2600" з товщиною поглинаючого шару 1 см. На основі отриманих даних були побудовані спектри світопоглинання від концентрації барвника. Спектр при концентрації БТК = $1 \cdot 10^{-4}$ М має один добре виражений максимум при 550нм, що відповідає світопоглинанню барвника:

Рисунок 3

Спектри світопоглинання БТК



$$1 - C_{\text{БТК}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$2 - C_{\text{БТК}} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$3 - C_{\text{БТК}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$4 - C_{\text{БТК}} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$5 - C_{\text{БТК}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$

Джерело: власна розробка авторів.

Вплив кислотності середовища. Кислотність середовища є одним із найважливіших факторів, який впливає на проведення експерименту та остаточні результати. В залежності від pH середовища процес екстракції може проходити по різному і з різним ступенем вилучення потрібного компонента. В нашому дослідженні регулювання кислотності середовища проводилось за допомогою аміачно-ацетатної буферної суміші, 12-% хлоридної кислоти (HCl) та свіжоприготовленого 1 M NaOH.

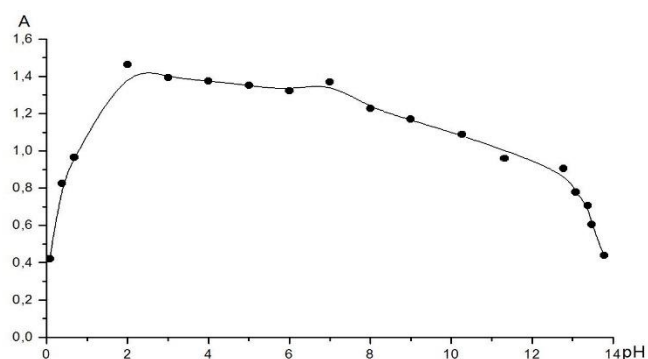
Серії дослідів з різною концентрацією водневих йонів проводили наступним чином: в кожену пробірку приливали 0,5 мл $1 \cdot 10^{-3}$ M БТК, певну кількість ацетатно-аміачної буферної суміш із певним значенням pH, HCl та NaOH і доводять дистильованою водою об'єм водної фази до 5 мл.

Метою цього експеримента було визначення впливу кислотного середовища на основний барвник та встановлення того діапазону pH, де барвник проявляє стабільність. Вимірювання проводилось при довжині хвилі 550 nm. Вимірювання проводилось на спектрофотометрі "SHIMADZU UV-2600" з товщиною поглинаючого шару 1 см. Як показали результати дослідження, pH в межах від 3 до 7 практично не впливає на аналітичний сигнал, а при pH = 5 було обраховано коефіцієнт світлопоглинання:

$$\varepsilon = A/l \cdot C = 1,416 \cdot 10^4 \text{ л/моль} \cdot \text{см}$$

Рисунок 4

Залежність від pH ($C_{\text{БТК}} = 10^{-4}$ M)

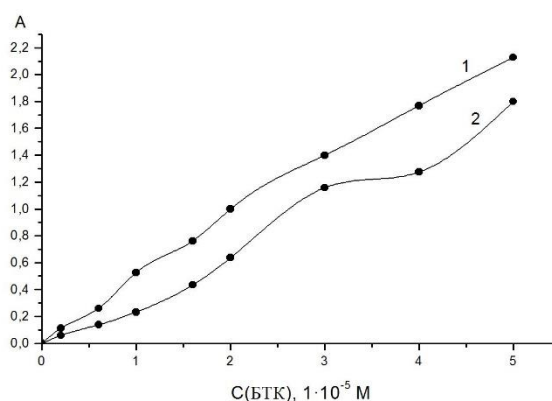


Джерело: власна розробка авторів

Вплив концентрації барвника на утворення ІА ДДБСо з БТК. Залежність від барвника є важливою складовою для побудови градувального графіку, адже визначення найбільш оптимальної концентрації при вимірюванні оптичної густини розчину відіграє велику роль в остаточному результаті. Приготування розчинів проходило таким чином: брали $V_{\text{ДДБСо}} = 0,5$ мл з концентрацією $C = 1 \cdot 10^{-4}$ М, $V_{\text{рН 5}} = 0,5$ мл та $V_{\text{БТК}} = 0,1-2,5$ мл з $C = 1 \cdot 10^{-4}$ М відповідно та доводили все дистильованою водою до об'єму 5 мл. Також готували таку ж серію холостих розчинів таким же чином, але без додавання ДДБСо. Вимірювання проводилось при довжині хвилі 550 нм. Вимірювання проводилось на спектрофотометрі "Spekol 11" з товщиною поглинаючого шару 1 см. Як результат - ІА ДДБСо з БТК (2) знебарвлюється в порівнянні з водним розчином барвника (1). Також, проаналізувавши графіки, можна дійти висновку, що найбільш оптимальна концентрація барвника для дослідження ІА ДДБСо з БТК – це $1 \cdot 10^{-5}$ М.

Рисунок 5

Залежність впливу концентрації барвника на ІА ДДБСо з БТК



1 – водні розчини 3,3'-диметилтіокарбоціаніну бензенсульфонату

2 – ІА ДДБСо з БТК

Джерело: власна розробка авторів.

Висновок

Факт знебарвлення БТК аніонною поверхнево-активною речовиною дозволить в перспективі створення нової безекстракційної методики по визначенню АПАР у різних зразках, за допомогою цього барвника і загалом, бензтіазолкарбоціанін є досить перспективною та цікавою сполукою з різноманітними застосуваннями в наукових і медичних дослідженнях.

Список використаних джерел

- Ягодинець, П. І., Скрипська, О. В., & Андрійчук, Ю. М. (2019) *Хімія барвників*. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.
- Berneth, H. (2008). Methine dyes and pigments. In C. Ley & B. Elvers (Eds.), *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. https://doi.org/10.1002/14356007.a16_487.pub2
- Deligeorgiev, T. G., Kaloyanova, S., & Vaquero, J. J. (2009). Intercalating cyanine dyes for nucleic acid detection. *Recent Patents on Materials Science*, 2(1), 1–26.
- Klunk, W. E., Engler, H., Nordberg, A., Wang, Y., Blomqvist, G., Holt, D. P., ... & Långström, B. (2004). Imaging brain amyloid in Alzheimer's disease with Pittsburgh Compound-B. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 55(3), 306–319. <https://doi.org/10.1002/ana.20009>
- Kovalska, V. B., Volkova, K. D., Losytskyy, M. Y., Tolmachev, O. I., Balanda, A. O., & Yarmoluk, S. M. (2006). 6, 6'-Disubstituted benzothiazole trimethine cyanines – new fluorescent dyes for DNA detection. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 65(2), 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2005.10.042>
- Ogul'chansky, T. Y., Losytskyy, M. Y., Kovalska, V. B., Yashchuk, V. M., & Yarmoluk, S. M. (2001). Interactions of cyanine dyes with nucleic acids. XXIV. Aggregation of monomethine cyanine dyes in presence of DNA and its manifestation in absorption and fluorescence spectra. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 57(7), 1525–1532. [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(01\)00437-1](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(01)00437-1)
- Volkova, K. D., Kovalska, V. B., Balanda, A. O., Losytskyy, M. Y., Golub, A. G., Vermeij, R. J., ... & Yarmoluk, S. M. (2008). Specific fluorescent detection of fibrillar α -synuclein using mono- and trimethine cyanine dyes. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 16(3), 1452–1459. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2007.10.051>
- Welsch, N. (2006a). *Cyanin-Farbstoffe*. Thieme RÖMPP. <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-03-03017>
- Welsch, N. (2006b). *Polymethin-Farbstoffe*. Thieme RÖMPP. <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-16-03430>
- Zollinger, H. (2003). *Color chemistry: Syntheses, properties, and applications of organic dyes and pigments*. John Wiley & Sons.