

Екологічні дії

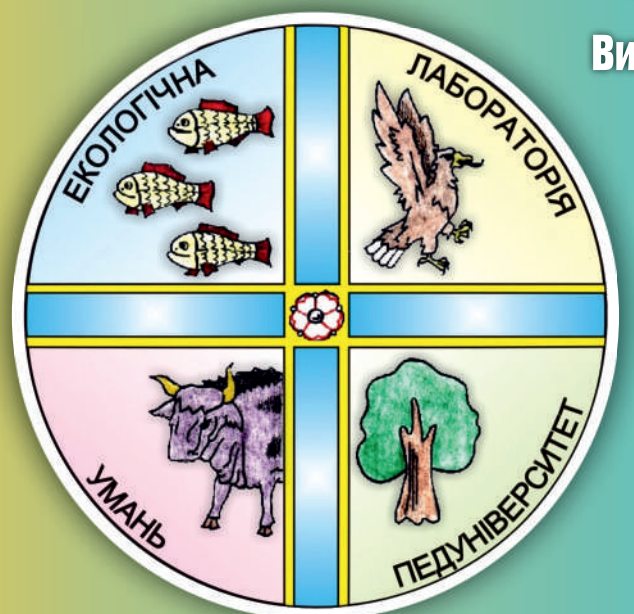


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УМАНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПАВЛА ТИЧИНИ

НАУКОВІ ЗАПИСКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ УДПУ

Випуск 28



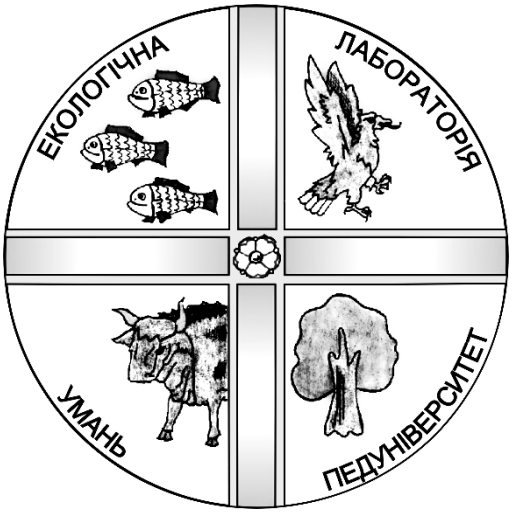
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

НАУКОВІ ЗАПИСКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ УДПУ

Випуск 28
науково-дослідної лабораторії «Екологія і освіта»

Відповідальна за випуск С. В. Совгіра



Умань
ВПЦ «Візаві»
2025

УДК 574(06)
Н34

Відповідальний за випуск *Совгіра С. В.,* доктор педагогічних наук, професор, завідувач науково-дослідної лабораторії «Екологія і освіта» Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Засновник та правовласник збірника – факультет природничої освіти та природокористування Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Редакційна колегія:

Якимчук Б. А., кандидат психологічних наук, професор, в. о. декана факультету природничої освіти та природокористування Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Красноштан І. В., кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри біології та здоров'я людини Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Горбатюк Н. М., кандидат педагогічних наук, доцент, в. о. завідувача кафедри хімії та екології Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Герасименко О. В., кандидат педагогічних наук, доцент, в. о. завідувача кафедри кафедри географії, геодезії та землеустрою Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Кормош Ж. О., кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та екології Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Душечкіна Н. Ю., кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та екології Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Мороз Л. М., кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та здоров'я людини Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Ситник О. І., кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри географії, геодезії та землеустрою Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Подзерей Р. В., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри хімії та екології Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Парахненко В. Г., доктор філософії з Наук про Землю, старший викладач кафедри хімії та екології Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Рекомендовано до друку
вченою радою факультету природничої освіти та природокористування
(протокол № 4 від 30 жовтня 2025 р.)

Наукові записки екологічної лабораторії УДПУ. Вип. 28 науково-дослідної
Н34 лабораторії «Екологія і освіта» / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини ; відп. за вип. С. В. Совгіра ; [редкол.: Б. А. Якимчук, І. В. Красноштан, Н. М. Горбатюк.[та ін.]. – Умань : Візаві, 2025. – 378 с.

Збірник містить наукові статті, які висвітлюють широкий спектр проблем у галузях: екології, географії, біології, хімії, сільського господарства, геодезії та землеустрою, охорони навколишнього природного середовища, педагогіки та психології. Висвітлюються заходи, форми й методи формування екологічного світогляду студентської та учнівської молоді.

УДК 574(06)

© Уманський державний педагогічний
університет імені Павла Тичини, 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА

Совгіра С. В. Природоохоронна діяльність підприємства як чинник сталого розвитку…… 8

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Гончарук В. В. Раціональне використання водних ресурсів у контексті сталого розвитку……... 20

Кисельов Ю. О., Парахненко В. Г. Використання геоінформаційних технологій у плануванні та управлінні вантажними перевезеннями..... 25

Любинська С. В., Душечкіна Н. Ю. Екологічні інструменти для моніторингу водних екосистем України……. 31

Мандебура Р. В. Управління безпекою природного середовища у зоні впливу териконів……..……. 37

Мандебура С. В. Екологічна роль та шляхи збереження водно-болотних угідь у контексті сталого природокористування…….…….. 43

Маркевич М. І., Душечкіна Н. Ю. Гармонізація господарської діяльності морських портів із вимогами екологічної безпеки регіону…. 48

Парахненко В. Г. Сімонов Д. Роль екологічної пластичності *Carpinus Betulus L.* у формуванні стійких деревостанів Лісостепової зони…… 53

Подзерей Р. В., Водолаз В. В. Екологічний стан природних ресурсів Кіровоградської області…… 60

Подзерей Р. В., Куцаєнко К. О. Основні проблеми існуючої системи управління відходами..... 63

Совгіра С. В., Чмут О. В., Парахненко В. Г. Роль екологічної пластичності *Maclura Pomifera* у формуванні стійких насаджень в урбанізованих екосистемах…….. 67

Совгіра С. В., Кузь О. І. Забезпечення екологічної стійкості буферних зон між підприємствами та лісовими масивами……..….... 72

Шаргородський О. І., Браславська О. В. Екологічна політика в умовах війни……... 79

ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Безлатня Л. О., Зеленюк О. В., Крижановська Д. П. Сакральні ландшафти Вінницької області…… 84

Безлатня Л. О., Заволока І. С. Антропогенні та рекреаційні геоекотони в системі сучасного природокористування……. 89

Брикін Є. В., Мельничук І. В. Депопуляція сільських регіонів України: причини та географічні наслідки…….…… 92

Герасименко О. В. Суспільно-географічні характеристики залізничних транспортних вузлів Вінницької області……... 98

Максютов А. О., Слободяник В. О. Суспільно-географічні аспекти

дослідження територіальної ідентичності населення Подільського регіону……. 107
Максютов А. О., Кравченко А. О. Вплив процесів урбанізації на стан навколишнього середовища Херсонської області……. 113
Максютов А. О., Левенець Л. О. Вплив релігії на соціально-економічний розвиток Індії…….. 116
Максютов А. О., Скакун С. М. Геоекологічна ситуація на Житомирщині та основні чинники їх формування……. 120
Ситник О. І., Дядюшко С. П. Використання меліоративних систем в контексті зміни клімату: міжнародний досвід…… 124

ДОСЛІДЖЕННЯ З ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Рожі Т. А., Кирилюк В. П. Супутниковий моніторинг деградації ґрунтів України…….. 128

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Будченко І. Є. Характеристика функціонального стану дихальної системи у здобувачів вищої освіти…….. 134
Вітенко В. А., Барабаш Я., Парахненко В. Г. Адаптивний потенціал роду *Pyracantha M. Roem*. в умовах правобережного Лісостепу України …… 137
Вітенко В. А., Майнарович О., Парахненко В. Г. Адаптивний потенціал (*Ailanthus Altissima (mill.)* в умовах Правобережного Лісостепу України……. 141
Гончарук К. О., Соболенко Л. Ю. Твердокрилі (*Coleoptera*) – різноманіття, будова та роль у природі…….. 144
Захарчук С. О. Фітотоксичність важких металів…….. 147
Корінний Ю. М. Значення пристосувальних процесів у формуванні інтегральної стійкості рослин……... 152
Красноштан І. В., Красноштан В. І., Локотош М. Ф. Видовий склад та структурні особливості лісосмуг у Львівській області……. 155
Красноштан І. В., Манзій О. П., Солдатенко Д. Ю. Біометричні показники рослин тютюну за різних систем підживлення та густоти посіву…….. 160
Красноштан І. В., Поліщук Т. В., Сюзєва Л. В. Фенологічні особливості розвитку нуту за різних систем удобрення……..... 164
Красноштан І. В., Проданова О. М. Формування асиміляційного апарату рослин квасолі за передпосівної інокуляції насіння…… 168
Максімова К. В., Соболенко Л. Ю. Ряд бабки (*Odonata*): значення в природі та вивчення у шкільному курсі біології…… 172
Миколайко В. В., Миколайко І. І., Подзерей Р. В. Урбоекологічна роль берези повислої в екосистемі міста Умань……. 175
Орел В. О. Репродуктивна біологія та насіннєве розмноження представників роду *Spiraea L*…… 179

Шпак А. Л., Миколайко І. І. Вирощування ожини у світі та Україні……. 182
Сорокіна С. І., Голик Р. В. Еволюційні зміни будови черепа людини в процесі антропогенезу…… 186

ЕКОЛОГО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Варяниця А., Кормош Ж. Потенціометричний сенсор для визначення пірантелу…….. 191
Вербицька К., Кормош Ж. Потенціометричний сенсор для визначення піридоксину…… 193
Дубина І., Кормош Ж. Потенціометричний сенсор для визначення тіаміну…..... 196
Душечкіна Н. Ю., Котішевська Ю. В. Аналіз та оптимізація параметрів абсорбції-регенерації при уловлюванні CO_2 з газів низького тиску…… 198
Жадько І., Кормош Ж. Підсолоджувачі та їх класифікація..... 203
Задорожна О. М., Ачкевич А. С. Вплив замінників какао-продуктів та механо-хімічної активації на якість шоколадної глазурі та збереження цукерок…… 208
Кизим О. Г. Дослідження можливостей використання промислових плівчастих ІСЕ для аналізу антигістамінних лікарських засобів…….. 212
Кочубей О. В., Бажура М. Фазові модифікації наноструктурованого TiO_2 та їхня ефективність у фотокаталітичному очищенні води…….. 215
Кочубей О. В., Рудніцький О. М. Екологічна безпечність зелених окисників у неорганічному синтезі……. 219
Недайборщ Н. П. Від алхімії до хімії: роль науки у формуванні сучасного світу…… 224
Туркоман І., Кормош Ж. Потенціометричне визначення аскорбінової кислоти……. 228

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Бегунова Г. Ю. Ростові процеси та продуктивність рослин гороху за дії біологічних препаратів…….. 233
Парахненко В. Г. Відновлення деградованих ландшафтів: довгостроковий вплив мішаних насаджень на акумуляцію вуглецю в ґрунті …….. 237
Подзерей Р. В., Дудар О. Г. Сучасні проблеми нормативно-правової бази у галузі охорони земель…… 245
Подзерей Р. В., Тімофєєв С. М. Принципи екологізації аграрного виробництва…… 248
Русавський В. В., Душечкіна Н. Ю. Оцінка екологічної стійкості агроландшафтів Кіровоградської області……..єє. 251
Сидун О. О. Вплив засобів захисту рослин на мікробіологічну активність ґрунту в посівах гороху…….. 256

Варяниця А.
Кормош Ж.

ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИЙ СЕНСОР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПІРАНТЕЛУ

Пірантел (Пір) (1,4,5,6-тетрагідро-1-метил-2-[транс-2-(2-тієніл)-вініл]-піримідин) є антигельмінтним засобом.

Активний проти *Enterobius vermicularis, Ascaris lumbricoides, Ancylostoma duodenale ma Necator americanus*.

Пірантел призводить до нейром'язової блокади, паралізуючи гельмінтів, внаслідок чого вони виводяться шляхом кишкової перистальтики разом з каловими масами.

Пірантел є активним проти чутливих статевозрілих та статевонезрілих форм гельмінтів. Не впливає на личинки гельмінтів, що мігрують через тканини. Кишкова резорбція пірантелу є дуже низькою.

Після прийому препарату концентрація в плазмі крові є дуже низькою (0,05–0,13 мкг/мл) та досягає максимуму протягом 1–3 год. До 93% препарату виводиться в незміненому вигляді з каловими масами. Менше 7% виявляється в сечі в незміненому стані та у вигляді метаболітів [1].

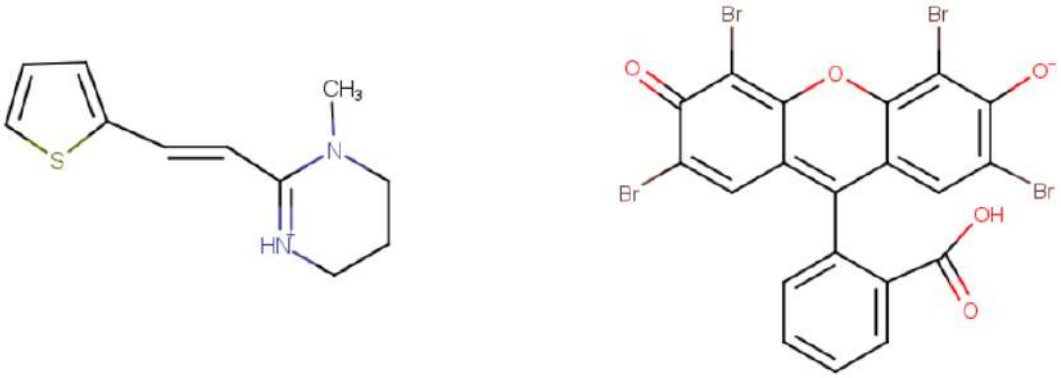
У зв'язку з широким застосуванням пірантелу в лікувальній практиці існує необхідність в наявності надійних та експресних методик його визначення. Вище наведеним вимогам відповідає іонометрія з використанням потенціометричних сенсорів [2].

Метою наших досліджень було розробити експресну методику визначення пірантелу в лікарських формах.

Для реалізації поставленої задачі нам бачилось перспективним створити пластифікований мембранний потенціометричний сенсор на основі іонного асоціату (ІА) пірантелу.

На основі математичного моделювання показано, що пірантел (а) з еозином (ЕО) (б) (рис.1) здатний утворювати ІА.

Розраховані параметри наведені у таблиці.



а б

Рис. 1. Графічні формули катіона пірантилію (а) та аніона еозину (б).

Таблиця 1

Енергетичні характеристики складових ІА

Частинка	Е, кДж/моль
$Пір^+$	11549,0
$ЕО^-$	17728,6
ІА	29375,6
$Σ(Пір^+ + ЕО^-)$	29277,6
$Δ(ІА - Σ(Пір^+ + ЕО^-))$	98,0

Як видно, процес утворення ІА є енергетично вигідним. Отже, при взаємодії $Пір^+$ з $ЕО^-$ утворюється стійкий ІА, що може бути електроактивною речовиною (ЕАР). Методом обмінної реакції синтезовано ІА. Розроблено мембрани складу: полівінілхлорид – матриця, дибутилфталат – пластифікатор, ІА – ЕАР; оптимізовано склад та створено потенціометричний сенсор, чутливий до іонів пірантилію. Розроблена методика потенціометричного визначення пірантелу в лікарській формі.

Для аналізу лікарські форми готують наступним чином.

Таблетки. Таблетку, яка містить пірантел, розтирають до порошкоподібного стану, зважують, переносять у мірну колбу на 50 мл, вносять 5 мл 1,0 моль/л CH_3COOH, 5 мл етанолу, перемішують і об’єм розчину доводять до мітки розчином фонового електроліту, повторно перемішують.

Суспензія. Суспензію, що містить пірантел відбирають піпеткою, переносять у колбу на 50 мл, вносять 5 мл 1,0 моль/л CH_3COOH і об’єм розчину доводять до мітки розчином фонового електроліту.

Хід аналізу. У розчин, що аналізують, занурюють мембранний електрод та хлоридсрібний електрод порівняння. Вимірюють

потенціал розробленого потенціометричного сенсору. Вміст пірантелу знаходять за методом градуювального графіка, побудованого за аналогічних умов.

Показано, що катіон пірантилію з аніоном еозину утворює стійкий іонний асоціат, який придатний для виготовлення пластифікованих мембранних потенціометричних сенсорів. Розроблена методика іонометричного визначення пірантелу, ака апробована при його визначенні у лікарських формах.

Література:

1. Пірантел. URL: https://compendium.com.ua/dec/271139/.
2. Marco De R., Clarke G., Pejcic B., Ion-Selective Electrode Potentiometry in Environmental Analysis, *Electroanalysis*, 2007. 19, No. 19-20, 1987-2001; DOI: 10.1002/elan.200703916.

Вербицька К.
Кормош Ж.

ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИЙ СЕНСОР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПІРИДОКСИНУ

Вітамін B_6 (піридоксин, піридоксаль, піридоксамін) міститься в багатьох продуктах.

Особливо багато його в зернових паростках, у волоських горіхах і ліщині, в шпинаті, картоплі, моркві, цвітній і білокачанній капусті, помідорах, полуниці, черешні, апельсинах і лимонах.

Також він міститься в м’ясних і молочних продуктах, рибі, яйцях, крупах і бобах.

Вітамін B_6 (піридоксин, піридоксаль, піридоксамін) синтезується в організмі кишковою мікробіотою. Піридоксин є безбарвними кристалами, розчинними у воді.

У більшості їстівних рослин піридоксину немає, або він зустрічається в незначних кількостях. Але існують рослини, наприклад, пітайя, виключно багаті піридоксином. Піридоксин синтезується деякими бактеріями.

Також він міститься в м’ясних і молочних продуктах, але він менш стійкий до високих температур, ніж інші форми вітаміну В, тому у варених і смажених м’ясних продуктах його мало. Вегетаріанці можуть отримати піридоксин з шкірки деяких овочів,

в яких є залишки ґрунту, наприклад, картоплі, моркви. Реєстраційний номер CAS 65-23-6, для солі (гідрохлориду) 58-56-0. Є дані, що надмірні дози піридоксину можуть привести до токсичного ефекту [1].

Нестача вітаміну B_6в організмі може призвести до порушення обміну речовин у тканинах.

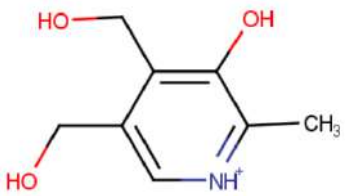
В таких випадках необхідно вжити профілактичні (вживати біологічно-активні добавки) чи лікувальні заходи.

Широке застосуванням піридоксину (Пір) у лікувальній практиці створює необхідність наявності надійних та експресних методик його визначення. Вище наведеним вимогам відповідає іонометрія з використанням потенціометричних сенсорів [2].

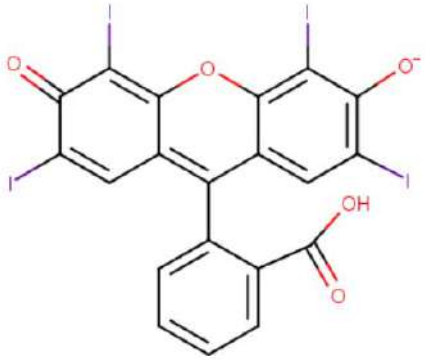
Метою наших досліджень було розробити експресну методику визначення піридоксину в лікарських формах.

Для реалізації поставленої мети нам бачилось перспективним розробити пластифікований мембранний потенціометричний сенсор на основі іонного асоціату (ІА) піридоксину.

На основі квантово-хімічних розрахунків показано, що піридоксин (а) з еритрозином (ЕР) (б) (рис.1) здатний утворювати ІА. Розраховані параметри наведені у таблиці.



а



б

Рис. 1. Графічні формули катіона піридиноксинію (а) та аніона еритрозину (б).

Таблиця 1

Енергетичні характеристики складових ІА

Частинка	Е, кДж/моль
$Пір^+$	9400,0
$ЕР^-$	17359,3
ІА	26873,8
$\Sigma(Пір^+ + ЕР^-)$	26759,5
$\Delta(ІА - \Sigma(Пір^+ + ЕР^-))$	114,3

Як видно, процес утворення ІА є енергетично вигідним.

Отже, при взаємодії $Пір^+$ з $ЕР^-$ утворюється стійкий ІА, що може бути електроактивною речовиною (ЕАР) для виготовлення потенціометричних сенсорів.

Методом обмінної реакції синтезовано ІА, який виділили у твердому вигляді. Створені мембрани складу: полівінілхлорид – матриця, дибутилфталат – пластифікатор, ІА – ЕАР; оптимізовано склад мембран та створено потенціометричний сенсор, чутливий до іонів піридоксину.

Розроблена надійна методика потенціометричного визначення піридоксину в лікарських формах.

Для аналізу лікарських форм поступають наступним чином.

Таблетки. Таблетку, що містить піридоксин, розтирають до порошкоподібного стану, переносять у мірну колбу на 50 мл, вносять 5 мл 1,0 моль/л CH_3COOH, 5 мл етанолу, перемішують і об'єм розчину доводять до мітки розчином фонового електроліту, повторно перемішують.

Розчин для ін'єкцій. Відбирають аліквотну частину, переносять у колбу на 50 мл, вносять 5 мл 1,0 моль/л CH_3COOH і об'єм розчину доводять до мітки розчином фонового електроліту; перемішують.

Хід аналізу. У розчин, що аналізують, занурюють мембранний електрод та хлоридсрібний електрод порівняння.

Вимірюють потенціал розробленого потенціометричного сенсору. Вміст піридоксину знаходять за методом градуювального графіка, побудованого за аналогічних умов.

Показано, що катіон піридоксину з аніоном еритрозину утворює стійкий іонний асоціат, який придатний для виготовлення пластифікованих мембранних потенціометричних сенсорів. Розроблена методика іонометричного визначення піридоксину, яка апробована при його визначенні у лікарських формах.

Література:

1. Вітамін B_6. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD_B6.
2. Marco De R., Clarke G., Pejcic B., Ion-Selective Electrode Potentiometry in Environmental Analysis, *Electroanalysis*, 2007, 19, No. 19-20, 1987-2001; DOI: 10.1002/elan.200703916.

Дубина І.
Кормош Ж.

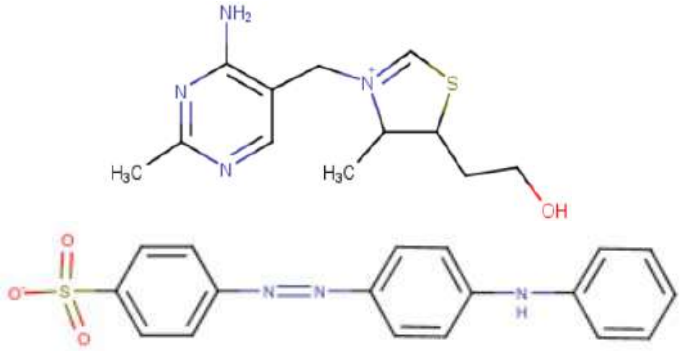
ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИЙ СЕНСОР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТІАМІНУ

Тіамі́н (Тіа) (від грец. θειον – сірка; вітамін В1, аневрин) – водорозчинний вітамін. У природі синтезується рослинами і деякими мікроорганізмами (найбільше його міститься в дріжджах, хлібних злаках, картоплі). В організм людини і більшості тварин тіамін надходить з їжею. Його недостача в раціоні спричинює гіповітаміноз, а відсутність його призводить до розвитку хвороби бері-бері, що характеризується ураженням периферичних нервів, серцево-судинної, травної та м'язової систем. Фізіологічне значення тіаміну зумовлюється його участю в процесах обміну речовин. У формі етеру – тіамінпірофосфату (ТПФ, кокарбоксилази) виконує функцію коферменту в процесах декарбоксилювання α-кетокислот, пентозофосфатного циклу; при нестачі тіаміну гальмуються деякі реакції трикарбонових кислот циклу Кребса. Він необхідний для утворення ацетилхоліну – агента, який передає нервові імпульси. Потреба тіаміну для дорослої людини становить 2-3 мг на добу і збільшується взимку, при вживанні великої кількості вуглеводів, а також ця потреба значно збільшується у разі хронічних інфекційних хвороб, хірургічних втручань, опікової недуги, цукрового діабету, при тривалому лікуванні антибіотиками та сульфаніламідними препаратами. У медицині одержані синтетично препарати тіаміну застосовують для запобігання гіповітамінозу та лікування невритів, радикулітів, невралгій, периферичних паралічів, виразкової хвороби шлунка і дванадцятипалої кишки, атонії кишечника. На тіамін багаті крупи, борошно грубого помелу, бобові, свинина. Він руйнується в лужному середовищі: при додаванні до тіста соди, надто швидкому варінні квасолі та гороху тощо [1].

Широке застосуванням тіаміну (Тіа) у лікувальній вимагає наявності надійних та експресних методик його визначення. Вище наведеним вимогам відповідає іонометрія з використанням потенціометричних сенсорів [2].

Метою наших досліджень було розробити експресну методику визначення тіаміну в лікарських формах. Для реалізації поставленої

мети нам бачилось перспективним розробити пластифікований мембранний потенціометричний сенсор на основі іонного асоціату (ІА) тіаміну. На основі квантово-хімічних розрахунків показано, що тіамін (а) з тропеоліном 000 (Тр) (б) (рис. 1) здатний утворювати стійкий ІА. Розраховані енергетичні характеристики наведені у таблиці.



а

б

Рис. 1. Графічні формули катіона тіаміну (а) та аніона тропеоліну 000 (б).

Таблиця 1

Енергетичні характеристики складових ІА

Частинка	Е, кДж/моль
Tia^+	14492,9
Tp^-	18528,3
ІА	33193,3
$\Sigma(Tia^+ + Tp^-)$	33021,2
$\Delta(IA - \Sigma(Tia^+ + Tp^-))$	172,1

Як видно, процес утворення ІА є енергетично вигідним. Отже, при взаємодії Tia^+ з Tp^- утворюється стійкий ІА, що може бути електроактивною речовиною (ЕАР). Методом обмінної реакції синтезовано ІА, який виділили у твердому вигляді. Створені мембрани складу: полівінілхлорид – матриця, дибутилфталат – пластифікатор, ІА – ЕАР; оптимізовано склад та створено потенціометричний сенсор, чутливий до іонів тіаміну. Розроблена надійна методика потенціометричного визначення тіаміну в лікарських формах.

Для аналізу лікарські форми готують наступним чином.

Таблетки. Таблетку, що містить тіамін, розтирають до порошкоподібного стану, переносять у мірну колбу на 50 мл, вносять 5 мл 1,0 моль/л CH_3COOH, 5 мл етанолу, перемішують і об’єм розчину доводять до мітки розчином фонового електроліту, повторно перемішують.

Розчин для ін'єкцій. Відбирають аліквотну частину, переносять у колбу на 50 мл, вносять 5 мл 1,0 моль/л CH_3COOH і об'єм розчину доводять до мітки розчином фонового електроліту; перемішують.

Хід аналізу. У розчин, що аналізують, занурюють мембранний електрод та хлоридсрібний електрод порівняння. Вимірюють потенціал розробленого потенціометричного сенсору. Вміст тіаміну знаходять за методом градуювального графіка, побудованого за аналогічних умов.

Показано, що катіон тіаміну з аніоном тропеоліну 000 утворює стійкий іонний асоціат, який придатний для виготовлення пластифікованих мембранних потенціометричних сенсорів. Розроблена методика іонометричного визначення тіаміну, яка апробована при його визначенні у лікарських формах.

Література:

1. Тіамін. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%96%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD.
2. Marco De R., Clarke G., Pejcic B., Ion-Selective Electrode Potentiometry in Environmental Analysis, *Electroanalysis*, 2007, 19 (19-20), 1987-2001; DOI: 10.1002/elan.200703916.
3. Kormosh Z. O., Horbatyuk N. M., Bokhan Y. V, Yurchenko O. M., Korolchuk S. I., Savchuk T. I., Tkach V. V. Potentiometric sensor for the determination of zyprosidone based on its ion associate with eosin. *Journal of Chemistry and Technologies*, 2024, 32(4), 866-873. doi: 10.15421/jchemtech.v32i4.316467.

Душечкіна Н. Ю.
Котішевська Ю. В.

АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ АБСОРБЦІЇ-РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРИ УЛОВЛЮВАННІ CO_2 З ГАЗІВ НИЗЬКОГО ТИСКУ

Сучасні промислові виробництва, зорієнтовані на переробку природних ресурсів у готову продукцію, характеризуються утворенням значних обсягів відходів. Ключовими критеріями

оптимізації технологічних процесів є зниження питомого споживання ресурсів та мінімізація техногенного навантаження на довкілля. Таким чином, завдання зі зниження ресурсоємності та обсягів відходів є актуальним не лише з точки зору раціонального природокористування, але й як фундаментальний фактор підвищення економічної ефективності підприємств.

Діоксид вуглецю (CO_2) ідентифікований як основний парниковий газ, що зумовлює глобальну необхідність розробки та імплементації ефективних технологій його уловлювання з промислових газових викидів. Водночас, енергетичні витрати на одиницю продукції у вітчизняній промисловості, а отже, загальна ресурсоємність, залишаються значно вищими (за деякими оцінками, у 2-3 рази) порівняно з аналогічними зарубіжними виробництвами. Зниження енергоємності при модернізації існуючих або проектуванні нових технологічних процесів дозволяє комплексно вирішувати проблеми зменшення шкідливого впливу на довкілля, раціонального використання ресурсів та підвищення рентабельності [3].

Процеси очищення газів від CO_2 інтенсивно розробляються та впроваджуються з середини XX століття. Проте аналіз наявної науково-технічної літератури демонструє відсутність конкретних рекомендацій щодо оптимізації установок очищення, що функціонують при парціальних тисках P_{CO2}, відмінних від типового діапазону 0,4–0,5 МПа. Зокрема, бракує обґрунтованих підходів до пошуку рішень, спрямованих на суттєве покращення техніко-економічних показників, насамперед – на зниження питомих теплових витрат [1].

Це зумовлює необхідність детального аналізу причин, що призводять до різкого зростання витрат тепла на регенерацію абсорбенту при зниженні P_{CO2} в очищуваному газі, та визначення на цій основі доцільних напрямів подальших досліджень.

Проаналізуємо енерговитрати у процесі абсорбції МЕА. Як базовий приклад розглянемо експлуатаційні показники установки очищення топкового газу водним розчином моноетаноламіну (МЕА), наведені в роботі [1]:

a_p = 0,05 моль ССД/моль МЕА - ступінь регенерації розчину;

a_n = 0,2 моль СбД /моль МЕА - ступінь карбонізації насиченого розчину;

g_{CO2} = 100 кг/год. – продуктивність.

Приймаючи теплоту десорбції M = 2721 кДж/кг та теплоємність розчину q_2 =4,1868 кДж/кг-°С, розрахункові загальні витрати тепла становлять:

Q= *3108191* кДж/год.

Відповідні питомі величини у структурі енерговитрат:

q= 31108 кДж/кг CO_2, $q_1^{=}$ 8265 кДж/кг CO_2,

q_2= 1675 кДж/кг CO_2', q_3 =21142 кДж/кг CO_2.

Аналіз структури витрат демонструє, що надвисоке значення Q є наслідком високих значень q_1і особливо q_3. Висока частка q_3 (витрати на сенсибільне тепло) безпосередньо спричинена низькою робочою ємністю абсорбенту, що, у свою чергу, пов'язано з критично низьким ступенем карбонізації насиченого розчину a_n.

У топкових газах вміст CO_2зазвичай становить 8%, що відповідає P_{CO2} = 10 кПа. При t = 50°С термодинамічно досяжний ступінь карбонізації $a_н$ = 0,4...0,45 моль CO_2/моль МЕА, а при t = 30°С – $a_н$ = 0,5...0,55 моль CO_2/моль МЕА. З метою зниження гідравлічного опору абсорбера (зменшення висоти насадки, застосування перехресного току), було суттєво знижено ефективність масообміну, що призвело до отримання $a_н$ = 0,2 моль CO_2/моль МЭА.

Для порівняння, в роботі [2, с.77] для абсорбера при P_{CO2} = 110 кПа було отримано a_n = 0,35 моль моль CO_2/моль МЭА (при термодинамічно можливому a_n = 0,6моль CO_2/моль МЭА), що призвело до енерговитрат q = 12560 кДж/кг CO_2. Розрахунки показують, що при досягненні a_n = 0,55 моль CO_2/моль МЭА, енерговитрати q могли б бути знижені до 6700 кДж/кг CO_2.

Отже, вищевикладене свідчить, що першим ключовим напрямом підвищення ефективності установок очищення при низьких P таP_{CO2} є розробка заходів, що забезпечують істотне підвищення ступеня карбонізації насиченого розчину (a_n) в абсорбері. Доцільно проаналізувати як інтенсифікацію процесу з МЕА, так і використання альтернативних абсорбентів [2, 3], зокрема, водних розчинів метилдіетаноламіну (МДЕА).

Можливість збільшення a_n за рахунок підвищення концентрації аміну при використання МЕА обмежена. Збільшення M понад 2-2,5 кмоль/м^3 різко збільшує швидкість корозії металів. З розчином аМДЕА метал практично не піддається корозії, що дозволяє збільшити M до 4,5-5 кмоль/м^3, створюючи цим передумови збільшення a_n [3].

Другий напрям стосується стадії регенерації. У розглянутому прикладі прийнято ступінь регенерації a_p = 0,05 моль CO_2/моль МЭА. Таке глибоке регенерування було вимушеним кроком для забезпечення достатньої рушійної сили процесу при екстремально низькому a_n. Проте, для насадкових регенераторів при a_n = 0,4 моль CO_2/моль МЭА, оптимальне значення a_p, що мінімізує q_3, знаходиться в діапазоні 0,15 – 0,17 моль CO_2/моль МЭА. Подальше зниження a_p (глибша регенерація) призводить до різкого зростання q_3 і, відповідно, загальних енерговитрат Q [3; 4].

Отже, основним завданням роботи є розробка заходів зі зниження витрат тепла шляхом визначення раціонального апаратного оформлення та режимних параметрів стадії регенерації насичених розчинів МЕА та МДЕА.

Вирішення поставлених завдань вимагає проведення великого обсягу досліджень. Виконання такого обсягу робіт шляхом постановки повномасштабних фізичних експериментів є вкрай ресурсовитратним. Для успішного виконання досліджень необхідна розробка адекватних математичних моделей процесів абсорбції та регенерації. Це дозволить провести більшу частину досліджень (параметричний аналіз, оптимізацію) чисельними методами, звівши обсяг фізичних експериментів до мінімуму, необхідного для верифікації моделей.

Наявні в літературі математичні моделі масообмінних процесів з хімічною реакцією мають низку недоліків, що робить їх непридатними для вирішення поставлених завдань.

Методи, що ґрунтуються на визначенні числа одиниць переносу

$$Np = (Y_1 - Y_2) / Fd,$$

де Np - число одиниць переносу;

Y_2 - концентрація CO_2 в очищеному газі;

Y_1 - концентрація CO_2 у газі, що надходить;

Fd- рухома сила процесу абсорбції,

є коректними лише за умови постійності коефіцієнта масопередачі K по висоті апарату. У процесах хімічної абсорбції CO_2 ця умова не виконується, оскільки K змінюється значно більше, ніж на 10% [4].

Більш складні моделі часто мають такі недоліки:

- *ігнорування опору масопередачі в газовій фазі***.** У системах з низьким P_{C02} опір газової плівки може сягати 50% від загального

опору. Нехтування цим фактором призводить до серйозних похибок.

- *ігнорування гідролізу карбонатів аміну***.** Це призводить до істотного заниження розрахункових коефіцієнтів прискорення масообміну, особливо в нижніх перерізах абсорбера, де концентрація вільного аміну низька [3].

Відтак, вищезазначене визначає третє завдання: необхідність розробки нової, адекватної математичної моделі процесу абсорбції CO_2 водними розчинами МЕА та МДЕА, що враховує вказані фактори.

Аналогічна ситуація спостерігається і з моделюванням регенерації. Наявні моделі не придатні для розрахунку десорбції CO_2 у середовищі водяної пари. Запропоновані методи, що базуються на розрахунку числа теоретичних тарілок, не надають інструментарію для визначення реальної ефективності (ККД) тарілок. Оскільки ККД у цьому процесі визначається не лише гідродинамікою, але й кінетикою реакцій термічного розкладу сполук CO_2 з абсорбентом, такі методи розрахунку слід визнати практично неактуальними для інженерних задач оптимізації.

Отже, обґрунтовано нагальну необхідність розробки нової, адекватної математичної моделі процесів абсорбції та регенерації, що враховує кінетичні та дифузійні обмеження в обох фазах. Така модель стане ключовим інструментом для проведення параметричної оптимізації, визначення раціональних режимів (a_n, a_p) та апаратурного оформлення, що дозволить суттєво знизити енергоємність процесу уловлювання CO_2 з газів низького тиску.

Література:

1. Бунін С. В. Термодинамічний аналіз процесу зрідження природного газу з детандерним циклом з попереднім охолодженням діоксидом вуглецю для малотоннажного виробництва. Енергетичне машинобудування.URL: https://card-file.ontu.edu.ua/handle/123456789/22173
2. Громико А. В., Столяренко Г. С., Позігун М. В. Використання природних сорбентів в процесах очищення поглинальних розчинів поташу виробництв аміаку. Вісник Черкаського державного технологічного університету, 2020. № 1. С. 75–86.
3. Концевой А. Л. Технологія зв’язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва

технологічного газу: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 214 с.
4. Супрунчук В. І., Літинська М. І., Іванюк О. В. Теоретичні основи хімічної технології неорганічних речовин: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 49 с.

Жадько І.
Кормош Ж.

ПІДСОЛОДЖУВАЧІ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Останнім часом зріс інтерес до такої групи речовин, як підсолоджувачі або замінники цукру. Виникає багато суперечок на рахунок користі чи шкоди даних речовин. На даний момент, для використання в харчовій промисловості у світі затверджено 5 підсолоджувачів без енергетичної цінності. Також встановлено рекомендовану денну норму (РДН) прийому кожного з цих підсолоджувачів. РДН – це кількість харчової добавки, що допускається для щоденного вживання в їжу без ймовірності нанесення шкоди здоров'ю людини на основі існуючих на даний момент наукових фактів. До вищевказаних п'яти підсолоджувачів відносяться: сахарин (РДН - 5 мг/кг власної ваги), аспартам (РДН - 50 мг/кг власної ваги), ацесульфам калію (РДН – 15 мг/кг власної ваги), сукралоза (РДН – 5 мг/кг власної ваги) і неотам (РДН – 18 мг/кг власної ваги) [1].

Цілий ряд досліджень підтверджує безпеку даних підсолоджувачів для більшості людей. Але в той же час , існує дуже багато заяв про їх потенційну шкоду для здоров'я при передозуванні. Наприклад сахарин може викликати рак сечового міхура. Вважається, що аспартам може викликати головний біль, зміну настрою, втрату пам'яті і провокувати розвиток різних видів раку. Але в той же час, численні дослідження, профінансовані компаніями-виробниками штучних підсолоджувачів, не змогли встановити будь-який взаємозв'язок між аспартамом і розвитком раку або виникненням інших проблем зі здоров'ям. Аспартам також не можна вживати людям з рідкісним захворюванням – фенілкетонурією.Результати досліджень про безпеку ацесульфама

калію ставляться під сумнів цілою низкою фахівців і наукових інститутів. Вони заявляють, що проведені дослідження недостовірні і їх результати «притягнуті за вуха» (це стосується, в тому числі, дозувань препарату і тривалості самих досліджень). У процесі виробництва ацесульфама калію як розчинник використовується метиленхлорид, тривалий прийом якого може викликати головні болі, депресію, нудоту, сплутаність свідомості, проблеми з печінкою або нирками, розлади зору, а також рак. Сукралоза належить до класу хімічних речовин, званих органохлоридами, деякі види яких токсичні і канцерогенні. Але при цьому, спосіб засвоєння сукролози такий, що ризик токсичності зводиться до мінімуму. Передбачається, що сукралоза викликає такі симптоми, як: розлади шлунково-кишкового тракту (здуття, метеоризм, діарея, нудота), подразнення шкіри, кашель, прискорене серцебиття, тривогу, перепади настрою, депресію і кон'юнктивіти. Загроза для здоров'я та широке використання їх призвело до створення багатьох методів визначення підсолоджувачів в продуктах харчування. Проте вони не завжди є раціональними і доцільними для всіх речовини даної групи [1, 2].

Класифікація підсолоджувачів. Підсолоджувачі або замінники цукру – це група адитивів, які використовуються з метою надання солодкого смаку продуктам харчування. На відміну від натуральної цукрози, замінники цукру засвоюються в організмі не так швидко, не створюють перевантажень для підшлункової залози, у помірних кількостях не призводять до різкого підвищення рівня глюкози в крові. Фізіологічна теплотворна здатність підсолоджувачів в порівнянні з цукром або значно знижена або відсутня. Також – це речовини що беруть участь в обміні речовин і енергії (метаболізмі) і в процесі окислення 1,0 г виділяють 4 ккал енергії. Згідно рішення Міжнародної асоціації по підсолоджувачам, до групи замінників цукру відносять фруктозу, ксиліт і сорбіт, а до групи підсолоджувачів (хімічних речовин, що не беруть участі в обміні речовин, їх калорійність – 0 ккал) цикламат, сукралоза, неогесперидин, тауматин, глициризин, стевіозид, лактулоза. Підсолоджувачі бувають натуральні та штучні [1].

Натуральні підсолоджувачі. Натуральні підсолоджувачі – речовини, виділені з природної сировини або отримані штучно, але зустрічаються в природі. Список натуральних підсолоджувачів

наведено в таблиці 1 (в деяких випадках зазначений «коефіцієнт калорійності», по відношенню до сахарози) [1].

Таблиця 1

Характеристика основних натуральних підсолоджувачів

	Назва	Клас речовин	Ваговий «коефіцієнт солодкості» відносно сахарози	«Коефіцієнт калорійності» відносно сахарози	Міжнародний номер харчової добавки
1	Браззеїн	білок	800	-	-
2	Гідрований гідролізат крохмалу	сіль	0,4-0,9	0,5-1,2	-
3	Гліцерин	багатоатомний спирт	0,6	0,55	E422
4	Гліцеризинова кислота	карбонова кислота	50	-	E958
5	Глюкоза	вуглевод	0,73	-	-
6	Ізомальт	багатоатомний спирт	0,45-0,65	0,9-1,3	E953
7	Ксиліт	багатоатомний спирт	1	1,7	E967
8	Куркулін	білок	550	-	-
9	Лактітол	багатоатомний спирт	0,4	0,8	E966
10	Мабінлін	білок	100	-	-
11	Мальтитол	багатоатомний спирт	0,9	1,7	E965
12	Маннітол	багатоатомний спирт	0,5	1,2	E421
13	Міракулін	білок	Сам по собі не є солодким, але модифікує смакові рецептори так, що кислий смак тимчасово відчувається як солодкий		
14	Монелін	білок	3000	-	-
15	Осладін	білок	3000	-	-
16	Пентадін	білок	500	-	-
17	Сорбіт	багатоатомний спирт	0,6	0,9	E420
18	Стевіозид	Терпеноїд-глікозид	250	-	E960
19	Тагатоза	вуглевод	0,92	2,4	-
20	Таоматін	білок	2000	-	E957
21	d-Триптофан	амінокислота(яка не входить в білки)	35	-	-
22	Філодульцин	білок	200-300	-	-
23	Фруктоза	вуглевод	1,7	1	-
24	Ернадульцин	білок	1000	-	-
25	Еритритоп	багатоатомний спирт	0,7	14	-

Таким чином таблиця 1 показує, що існує ціла низка природних замінників цукру. Коефіцієнт солодкості яких лежить в межах від 0,4 до 3000. Також природні підсолоджувачі мають широкий діапазон коефіцієнту калорійності 0,5–14. Деякі із вище зазначених речовин зареєстровані як харчові добавки Е.

Таблиця 2

Характеристика основних штучних підсолоджувачів

	Назва	Клас речовини	Ваговий «коефіцієнт солодкості» відносно сахарози	Міжнародний номер харчової добавки
1	5-нітро-2-пропоксианілін	модифікований амін	4000	-
2	Алітам	модифікований пептид	2000	Е956
3	Аспартам	модифікований пептид	160-200	Е951
4	Бернардам	похідне гуанідинію	188000	-
5	Дульцин	похідне сечовини	250	-
6	Калій ацесульфам	сіль	200	Е950
7	Карелам	Хлорорганічна похідна гуанідинію	200000	-
8	Лактулоза	дисахарид	-	-
9	Лугдунам	похідна гуанідинию	220000 - 300000	
10	Неогесперидин дигідрохалкон		1500	Е959
11	Неотам	модифікований пептид	8000	-
12	Сахарин	сульфокарбімід	300	Е954
13	Сіль аспартам-ацесульфама	сіль	350	Е962
14	Сукралоза	модифікований вуглевод	600	Е955
15	Сукронова кислота	похідне гуанідинію	200000	-
16	Сукрооктан	похідне гуанідинію	200000	-
17	Цикламат	сульфомат	30	Е952
18	d-6-хлортриптофан	модифікована амінокислота	1000-1300	-

Штучні (синтетичні) підсолоджувачі. Штучні підсолоджувачі – речовини, які не мають хімічної схожості зі звичайними вуглеводами. У них, за рідкісним винятком, дуже різноманітна і складна хімічна структура, що не відповідає нормальним молекулам організму. Переваги даної групи підсолоджувачів:

- не несуть енергетичного навантаження, що дозволяє знизити калорійність кінцевого продукту і тим самим оптимізувати харчування здорових людей;
- не викликають карієсу;
- використовують в раціональному харчуванні людей, які страждають певними захворюваннями. Особливо актуальне застосування в продукції для хворих на цукровий діабет.

Зазвичай використовують суміші підсолоджувачів. Крім того, при змішанні їх часто проявляється синергізм – взаємне посилення солодкого смаку [1–5].

Проаналізувавши таблицю, можна сказати, що всі штучні підсолоджувачі – модифіковані органічні речовини, коефіцієнт солодкості яких лежить в межах від 30 до 300000, що значно перевищує значення для природних замінників цукру. Враховуючи цей факт практично всі штучні підсолоджувачі зареєстровані як харчова добавка Е.

Таким чином для надання різним харчовим продуктам солодкого смаку поряд із «класичними» солодкими речовинами – цукор, фруктоза, стивіоза та ін. запропоновано ціла низка підсолоджувачів як природних так і синтетичних. Коефіцієнт солодкості таких речовин коливається в межах від 0,4 до 3000 для природних та від 30 до 300000 для синтетичних.

Література:

1. Підсолоджувачі. URL: http://uk.wikipedia.org/wiki/Підсолоджувачі.
2. Бальон Я. Г., Суміров О. В. Синтез та біологічні властивості цукрозамінників. *Журнал органічної та фармацевтичної хімії.* 2006. Т. 4. Вип. 3(15). С. 20–24. https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/17c6dbaa-0801-4eaa-820b-668896bd13b8/content.
3. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 544 с. ББК 978-966-364-803-3.
4. Glaser D. Specialization and phyletic trends of sweetness reception in animals. *Pure Appl. Chem,* 2002. № 74 (7). С. 1153–1158; doi:10.1351/pac200274071153, S2CID 97439028

5. Nofre C., Glaser D., Tinti J. M., Wanner. Gustatory responses of pigs to sixty compounds tasting sweet to humans. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2002. № 86 (3–4). Pp.90–96; doi:10.1046/j.1439-0396.2002.00361.x. PMID 11972677.

Задорожна О. М.
Ачкевич А. С.

ВПЛИВ ЗАМІННИКІВ КАКАО-ПРОДУКТІВ ТА МЕХАНО-ХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ШОКОЛАДНОЇ ГЛАЗУРІ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЦУКЕРОК

Ринок кондитерських виробів одна з найбільших і займає четверте місце у світі, а кондитерська промисловість – одне з бюджетоутворюючих галузей економіки. При маркуванні виробів виробник зобов'язаний вказувати величини найважливіших показників якості, які повинні відповідати фактичному змісту, у тому числі за вмістом основних харчових компонентів жирів, білків та вуглеводів, а також інших показників.

Термін придатності є відображенням цілого комплексу показників якості сировини, параметрів технології, обладнання, якості упаковки, санітарного стану виробництва та умов зберігання.

Проблеми відповідності заявленого терміну придатності кондитерських виробів фактичному періоду безпеки якості ініціюють розробку методик та обґрунтування показників, що характеризують та прогнозують небажані зміни. Заміни рецептурних компонентів з метою зниження собівартості продукції призводить до інформаційної фальсифікації та змін показників якості виробів протягом заявлених термінів придатності. Питання фальсифікації кондитерських виробів зумовили розробку методик визначення критеріїв ідентифікації.

Технології виробництва кондитерських виробів з різними вихідними рецептурними компонентами «на вході» та споживчими властивостями готових виробів «на виході» з технологічних систем поєднують загальні вимоги до показників якості та безпеки сировини, забезпечення стабільності технологічних потоків, якості виробів та її відтворюваності.

Наприклад, зміна окислювальної стабільності використовуваних жирів або жировмісних сировини на вході

призводить до зміни збереження кондитерських виробів на виході з технологічної системи.

Практично всі зміни якості кондитерських виробів при зберіганні пов’язані зі змінами жирової або водної фази. Підвищення безпеки кондитерських виробів відбувається в результаті комплексного підходу до фізичних, мікробіологічних, окислювальних процесів і, в першу чергу, до обґрунтування вимог до показників окислювального псування використовуваних жирів і зменшення вмісту насичених жирних кислот і трансізомерів ненасичених жирних кислот.

Розуміння сутності процесів, що відбуваються в кондитерських виробах у процесі їх виробництва та зберігання, дає можливість обґрунтування додаткових вимог до сировини, а зміна числових значень критеріїв якості та безпеки дозволяє виробляти вироби з вищими показниками якості та зі збільшеним терміном придатності.

Вимоги, встановлені чинною нормативною документацією щодо якості сировини та напівфабрикатів, не завжди забезпечують збільшені терміни придатності кондитерських виробів, тому виникає необхідність розробки додаткових вимог до якості сировини та напівфабрикатів.

Дослідження змін органолептичних та фізико-хімічних показників якості типових представників кондитерських виробів у процесі зберігання стали основою розробки та подальшого розвитку методології комплексної оцінки якості кондитерських виробів із низькою вологістю, а також для прогнозування змін якості досліджуваних виробів під час зберігання.

Виявлені закономірності дозволяють обґрунтувати вимоги для оцінки якості вихідної сировини з метою розширення вітчизняного виробництва основних видів продовольчої сировини, що відповідає сучасним вимогам якості та безпеки.

Теоретико-методологічні засади підвищення якості кондитерських виробів викладено у наукових працях провідних вчених О. В. Бондарчук, В. Євлаш, Л. Голуб, М. Погожих та інші.

У роботі узагальнено результати досліджень впливу показників якості вихідної сировини на показники якості готових виробів, обґрунтовано критерії ідентифікації та їх використання для прогнозування змін показників якості різних кондитерських виробів при зберіганні.

Метою дослідження стала розробка наукового обґрунтування підвищення збереження шоколаду, борошняних та цукристих кондитерських виробів.

Відповідно до поставленої мети було передбачено вирішення наступних завдань:

- обґрунтувати та розробити вимоги до сировинних компонентів для виробництва різних груп кондитерських виробів, що забезпечують безпеку та якість виробів протягом термінів зберігання;
- обґрунтувати критерії для оцінки зміни якості борошняних та кондитерських виробів, що дозволяють оцінити напрямок і швидкість окисних, мікробіологічних та фізичних процесів для подальшої розробки системи прогнозування збереження кондитерських виробів;
- виявити закономірності впливу ліпідів сировини та напівфабрикатів з певними діагнозами значень показників окиснення псування на зміну якості готових виробів за органолептичними показниками та показниками безпеки при зберіганні;
- виявити закономірності зміни якості кондитерських виробів з масовою часткою вологи менше 1;

В основу методології підвищення безпеки багатокомпонентних кондитерських систем: закладено комплексний підхід, заснований на вивченні закономірностей процесів окисної псування та міграції жирів, вологоперенесення та математичному описі взаємозв'язку терміну придатності, показників ідентифікації та окисної псування жирів виробів [3, с. 93].

Методичний підхід до оцінки якості кондитерських виробів, що забезпечує задній термін придатності та обґрунтовує додаткові вимоги до показників якості вихідної сировини і напівфабрикатів обумовлює активність води, мікробіологічні показники, перекисне число, індукційний склад, масову частку жиру, показники жиру з метою підвищення безпеки виробів та інше [2, с. 123].

Аналіз наукових досліджень щодо даної теми зумовив такі основні положення:

1. Якість кондитерської глазурі є важливим показником конкурентоспроможності та споживчих властивостей кондитерських виробів.

2. Основними компонентами глазурі є жири, цукрові речовини, какао-продукти, молочна сировина та емульгатори, які формують її структуру й смакові характеристики.

3. Від правильного підбору жирової фази залежить пластичність, блиск і стабільність глазурі під час зберігання.

4. Сучасні дослідження українських науковців, зокрема О. Боднарчук і В. Євлаш, акцентують увагу на складі жирів і вмісті транс-ізомерів у глазурях.

5. Зниження кількості транс-жирів і насичених кислот є одним із пріоритетних напрямів удосконалення рецептур.

6. Важливу роль відіграють також емульгатори, які забезпечують рівномірний розподіл компонентів і покращують текстуру продукту.

7. Дослідження показують, що додавання функціональних добавок (наприклад, залізовмісних) може підвищити харчову цінність глазурі без погіршення органолептичних властивостей.

8. Технологічні параметри виробництва – температура плавлення, швидкість охолодження, ступінь перемішування – суттєво впливають на кристалізацію жирів та однорідність структури.

9. Контроль якості готової глазурі проводять за показниками в’язкості, блиску, смаку, стійкості до температурних коливань і мікробіологічної безпеки.

Отже, підвищення якості кондитерської глазурі потребує комплексного підходу, що охоплює оптимізацію рецептури, застосування сучасних добавок і вдосконалення технологічних процесів її виробництва.

Література:

1. Боднарчук О. О. Моніторингові дослідження якості кондитерських жирів та глазурей за жирнокислотним складом. *Продовольчі ресурси*. Київ : Ін-т продовольчих ресурсів НААН, 2021. № 4(47). С. 252–256.
2. Бондарчук О. В. Аналіз системи технічного регулювання кондитерських виробів в Україні *Вісник національного університету «ХПІ*». 2016. № 7/1. С. 126–132.
3. Беспалова Н. В., Гомола М. М., Яковлєва Т. І. Експертиза якості кондитерських виробів із шоколаду у ресторанному бізнесі. *Молодий вчений*, 2018. № 12 (64). С. 583–587.

4. Голуб Л. С. Розробка емульгаторів для кондитерської промисловості (зокрема глазуровані вироби). *Харчові технології*, 2013. № 30. С. 75–80.
5. Євлаш В. В., Демидов І. М., Нємініч О. В., Гавриш А. В. Визначення впливу залізовмісної дієтичної добавки на якість шоколадної та кондитерської глазурі під час зберігання. *Вісник національного університету «ХПІ»*, 2010. № 52. С. 123–132.
6. Хомченко Є. М. Вдосконалення технології глазурі кондитерської : кваліфікаційна робота магістра, наук. кер. О. В.Самохвалова. Харків : ДБТУ, 2024. 94 с.

Кизим О. Г.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПЛІВЧАСТИХ ІСЕ ДЛЯ АНАЛІЗУ АНТИГІСТАМІННИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ

В наступний час у медичний практиці застосовуються антигістамінні лікарські засоби для лікування алергічних захворювань різного характеру. До таких захворювань відносять бронхіальну астму, набряк Квінке, сінну лихоманку, кропив’янку та ін. Найчастіше для лікування цих захворювань призначають такі препарати як димедрол, супрастин та дипразин. Ці препарати проявляють антигістамінну та седативну дію. Але їх тривале застосування або передозування приводить до отруєнь різного ступеню важкості, а інколи і до летального результату. Тому для оцінки характеру отруєння, для визначення швидкості виведення речовин з організму необхідно після їх виявлення провести кількісне визначення.

Зараз для цього використовують різні методи аналізу, які описані в літературі: фотометричний та екстракційно – фотометричний метод, спектрофотометрія в УФ – області, флюорисцентний, денсіометричний та планіметричний методи, ГРХ та ВЕРХ, а також імунохімічні методи аналізу. Найчастіше застосовується екстракційно – фотометричний метод. Цей метод характеризується високою чутливістю, але потребує застосування додаткових реактивів та реагентів і є достатньо трудоємким. Також застосовується спектрофотометрія в УФ – області та фотоелектроколориметрія, але на результати визначень цими

методами впливають домішки, що не є допустимим при аналізі лікарських засобів. Також для визначення вище вказаних лікарських засобів застосовують денсіометричний та планіметричний методи, але вони є менш точними в порівнянні з фото – та спектрофотометричними методами. В наступний час широко застосовуються хромотографічні методи аналізу: ГРХ та ВЕРХ, але вони обмежені в застосуванні у зв'язку з нестійкістю цих речовин при підвищенні температурі.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки для цих лікарських засобів простих на надійних методів аналізу. На наш погляд найбільш перспективним є потенціометричний метод аналізу з використанням іон селективних електродів (іонометрія). Цей метод дозволяє проводити аналіз по біологічно активній частині молекули, а також не потребує застосування дорогокоштовного обладнання, характеризується простотою та експресністю.

В літературі описані іоноселективні електроди (ІСЕ) на ці лікарські речовини. Але запропоновані електроди характеризуються вузьким діапазоном визначаємих концентрацій, низькою специфічністю. Виготовлення таких ІСЕ в лабораторних умовах потребує спеціальних навичок та часу, що ускладнює виконання аналізу. Але в літературі описана можливість застосування промислових плівчастих ІСЕ на неорганічні іони для аналізу органічних речовин в наслідок наявності у них вторинних електродних функцій до цих речовин.

У зв'язку з цим були вивченні вторинні електродні функції промислових плівчастих ІСЕ: ЭМ – К – 01, ЭМ - NH4 – 01, ЭМ – Са – 01, ЭМ – Mg – 01 до димедролу, супрастину та дипразину. Вторинні електродні функції вище вказаних ІСЕ досліджували у водних розчинах лікарських речовин фармакопейної чистоти. Розчини готували з концентрацією цих речовин 1. 10-2 - 1. 10-5 М. Вторинні електродні функції ІСЕ вивчали до і після їх кондиционювання у 1. 10-2 М водному розчині відповідної лікарської речовини. Час кондиционювання складав 3, 12, 24 та 48 годин. Вимірювання ЕРС (Е) проводили на іономірі И – 130. В якості електрода порівняння застосовували насичений хлорсрібний електрод ЭВЛ – 1 М3. Всі розчини термостатували при t= 25о С.

В результаті досліджень було встановлено що всі вище зазначені ІСЕ здатні проявляти вторинні електродні функції до

вивчаємих лікарських речовин, але не всі вони є лінейними. Лінійні вторинні електродні функції до димедролу здатні проявляти електроди ЭМ – Са – 01, ЭМ – Mg – 01, до супрастину – ЭМ – NH4 – 01, до дипразину – ЭМ – К – 01. Лінійність електродної функції модифікованих ІСЕ спостерігається в інтервалі концентрацій (1,0 ± 0.3) . 10-2 – (1,0 ± 0.2). 10-4 М з крутизною 55 ± 3 мВ.

Лінійний участок електродної функції ІСЕ описували рівнянням: E=a+b. lgC. Параметри лінійного рівняння a і b, їх довірчі інтервали, а також загальну дисперсію S^2_o розраховували по МНК. Лінійним вважали діапазон концентрацій, в якому величина S^2_o не перевищує 0,5 мВ, що дозволяє проводити визначення лікарських засобів з достатньою точністю.

Виникнення вторинної електродної функції ІСЕ пов'язане з взаємодією електродоактивної речовини мембрани (R1) електроду з органічними катіонами ((R2), що приводить до утворювання стійких комплексів [R1. R2]. Дослідження часу кондиціювання ІСЕ показало, що при кондиціювання їх протягом 3 г. спостерігаються лінійні вторинні електродні функції ІСЕ з характеристиками які описані вище. Збільшення часу кондиціювання до 48 г. не приводе до покращення електродних характеристик ІСЕ. Отже модифіковані ІСЕ можна отримати кондиціюванням їх у 1. 10-2 М розчинах відповідних лікарських засобів протягом 3 г.

Для модифікованих ІСЕ були розраховані коефіцієнти потенціометричної селективності (Ксел) лікарських засобів методом біионних потенціалів. Значення величин Ксел складає n.104, що говорить о високій селективності модифікованих ІСЕ до лікарських засобів. Така селективність може бути обумовлена наслідком високої ліпофільності комплексів органічних катіонів з електродоактивною речовиною мембрани ІСЕ.

Дослідження показали, що таки модифіковані ІСЕ можно використовувати для іонометричного аналізу вище вказаних лікарських засобів.

З використання модифікованих промислових плівчастих ІСЕ були розроблені методики іонометричного аналізу димедрола, супрастина, дипразина в таблетках та ін'єкційних розчинах. Визначення проводили методом вузькоінтервального градуювального графіку. Для цього готували 2 стандартні розчини лікарської речовини, яку визначали: 1 стандартний розчин (розчин А) готували з концентрацією 1. 10-2 М лікарської речовини.

2 стандартний розчин (розчин Б) отримували десятикратним розведенням розчину А. Розчин для аналізу лікарського засобу готували таким чином, щоб концентрація аналізованої речовини знаходилась в інтервалі 1. 10-2 – 1. 10-3 М. Потім на іономірі вимірювали ЕРС у розчині А (E_A), у розчині Б ($E_Б$) та в аналізуємому розчині (E_X). Вміст лікарської речовини розраховували за відповідною формою.

Розроблені методики аналізу характеризуються простотою та експресністю. Відносна невизначенність методик складає 2%, що не перевищує норму допустимих відхилень згідно вимогам НТД для лікарських форм.

Література

1. Державна Фармакопея України. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2015. Т.1. 1130 с.

Кочубей О. В.
Бажура М.

ФАЗОВІ МОДИФІКАЦІЇ НАНОСТРУКТУРОВАНОГО TiO_2 ТА ЇХНЯ ЕФЕКТИВНІСТЬ У ФОТОКАТАЛІТИЧНОМУ ОЧИЩЕННІ ВОДИ

Зростаючі темпи урбанізації, індустріалізації та агрохімічної активності спричинили накопичення в природних водних екосистемах значної кількості стійких органічних забрудників. До них належать фармацевтичні препарати, барвники, пестициди, гормоноподібні сполуки, синтетичні мийні засоби та інші ксенобіотики. Ці речовини характеризуються стійкістю до традиційних методів очищення (біофільтрації, коагуляції, флокуляції, осадження) та можуть спричинити негативні екотоксикологічні ефекти: порушення гормонального балансу у водних організмів, мутагенність, розвиток антибіотикорезистентності тощо.

У цьому контексті зростає інтерес до фотокаталітичного очищення води як одного з провідних напрямів зеленої хімії. Суть цього методу полягає в активації напівпровідникового матеріалу (каталізатора) світлом, що генерує електронно-діркові пари, здатні

ініціювати реакції окиснення/відновлення з утворенням активних форм кисню, які мінералізують забрудники до CO_2, H_2O та мінеральних іонів. Серед відомих фотокаталізаторів наноструктурований діоксид титану (TiO_2) посідає провідне місце завдяки своїй високій хімічній стабільності, нетоксичності, доступності та низькій вартості.

Однак фотокаталітична активність TiO_2 істотно залежить від його кристалічної фази (анатаз, рутил, брокіт), морфології, питомої площі поверхні, енергетичної ширини забороненої зони та здатності до пригнічення рекомбінації носіїв заряду. У зв'язку з цим, вивчення впливу фазових модифікацій TiO_2 на ефективність фотокаталітичного процесу є актуальним як для теоретичного розуміння механізмів очищення, так і для практичного конструювання ефективних систем водоочистки.

Наноструктуровані фотокаталізатори на основі TiO_2 відіграють ключову роль у розвитку технологій екологічно безпечного очищення водних ресурсів від органічних забрудників. Фотокаталітична активність діоксиду титану значною мірою визначається його кристалічною структурою, морфологічними характеристиками, енергетичними властивостями та умовами експлуатації. З трьох відомих кристалічних форм TiO_2 − анатазу, рутилу та брокіту − кожна має власний набір фізико-хімічних параметрів, які впливають на здатність каталізатора ефективно генерувати електронно-діркові пари під дією світлового опромінення, а також сприяти утворенню активних форм кисню, зокрема гідроксильних радикалів (•OH) і супероксидних аніонів, відповідальних за окиснення органічних сполук.

Фаза анатазу вважається найбільш активною завдяки поєднанню таких характеристик, як висока питома площа поверхні, оптимальна ширина забороненої зони (~3,2 еВ), низька ймовірність рекомбінації носіїв заряду та добра гідрофільність. Анатаз активно використовується в лабораторній та промисловій практиці, зокрема в системах очищення води від барвників, фенолів, пестицидів і фармацевтичних домішок. За даними численних досліджень, ступінь деградації метиленового синього, рифампіцину чи тетрацикліну за 60-90 хв фотокаталізу з використанням наночастинок анатазу може перевищувати 90-95%, що свідчить про високу окиснювальну здатність системи [3].

Рутил, незважаючи на вищу термічну стабільність і меншу ширину забороненої зони (~3,0 еВ), характеризується нижчою фотокаталітичною активністю, що обумовлено меншою питомою поверхнею та більшою кристалічною щільністю. Водночас рутил проявляє перспективи в умовах видимого світла та при високих температурах, а також у системах, де важлива стабільність поверхні під час тривалого контакту з агресивним середовищем. Дослідження свідчать, що при використанні рутилу в поєднанні з анатазом (у співвідношенні 20:80 або 30:70) спостерігається синергетичний ефект, зумовлений ефективним просторовим розділенням носіїв заряду між двома фазами, що сприяє зменшенню їх рекомбінації та продовженню життя активних радикалів.

Ще менш вивченою, але перспективною формою TiO_2 є брокіт. Ця фаза відзначається орторомбічною кристалічною решіткою, високою анізотропією та здатністю до активації у видимому діапазоні світла. В окремих роботах брокіт демонстрував вищу активність за анатаз за умов освітлення λ = 420–450 нм, особливо у вигляді нанопластин або нанострічок. Його комбінація з анатазом також проявляє покращену активність у змішаному світловому полі. Недоліком брокіту є його термодинамічна нестабільність, що ускладнює синтез та стабілізацію чистої фази. Утім, розвиток методів синтезу з використанням кислотного гідротермального середовища, поверхневої модифікації чи допування (наприклад, залізом або азотом) дозволяє стабілізувати структуру та підвищити фотокаталітичну ефективність.

Порівняльні дослідження фотокаталітичної активності фазових модифікацій TiO_2 показали, що найкращі результати досягаються при застосуванні багатофазних систем. Наприклад, комерційний фотокаталізатор P25 (Degussa), який містить суміш анатазу (≈80%) і рутилу (≈20%), забезпечує майже повну деградацію фенолу за 60 хв опромінення УФ-світлом інтенсивністю 15 Вт/м². Такий ефект пояснюється механізмом гетерофазного переносу електронів: електрони з анатазу переходять до рутилу, де вони стабілізуються, тоді як дірки залишаються в анатазі, що знижує ймовірність рекомбінації й підвищує генерацію активних форм кисню. Аналогічні ефекти описані і для систем анатаз-брокіт, у яких міжфазний перенос зарядів реалізується за аналогічним принципом [2].

Окрім фазового складу, на фотокаталітичну активність TiO_2 впливають такі чинники, як морфологія частинок, тип поверхні, ступінь агрегації, пористість, гідрофільність, тип освітлення, pH середовища, наявність іонів-поглиначів, а також концентрація каталізатора. Дослідження свідчать, що надмірне збільшення дози TiO_2 (понад 1 г/л) призводить до самозатінення, екранування світла, зменшення проникності світлового потоку вглиб розчину та зниження фотоефективності. Оптимальні умови включають концентрацію 0,3-0,5 г/л, pH 6-7, а також забезпечення постійної аерації або циркуляції.

Морфологічна модифікація TiO_2 спрямована на підвищення питомої площі поверхні, зменшення розміру частинок, збільшення кількості активних центрів та покращення дисперсності у водному середовищі. Для цього застосовуються методи синтезу нанотрубок, нанострічок, поруватих структур, ядерно-оболонкових частинок або композитів з вуглецевими матеріалами. Зокрема, комбінація TiO_2 з графеном, активованим вугіллям або вуглецевими нанотрубками дозволяє зменшити рекомбінацію носіїв заряду, підвищити електропровідність і забезпечити краще поглинання у видимому спектрі [1].

Застосування фотокаталітичного TiO_2 у реальних умовах водоочищення передбачає вирішення низки інженерних і екологічних завдань. Для запобігання вторинному забрудненню води каталізатором рекомендується його іммобілізація на носіях − скляних, керамічних або полімерних підкладках. Такі системи можуть бути реалізовані у вигляді плівок, монолітів або покриттів, що спрощує вилучення та повторне використання каталізатора, знижує втрати та спрощує конструкцію фотореактора. Перспективним напрямом є створення пласких фотокаталітичних модулів із проточною схемою, які можуть бути інтегровані в системи попереднього очищення питної води або в каналізаційно-очисні установки.

Ефективність фотокаталітичного очищення на основі TiO_2 може бути підвищена також шляхом поєднання з іншими методами − наприклад, озонуванням, ультразвуковою активацією, електрофотокаталізом або сорбційною передобробкою. Зокрема, попереднє сорбційне вилучення речовин (наприклад, барвників) дозволяє знизити навантаження на фотокаталізатор, тоді як

озонування у присутності TiO_2 прискорює утворення радикалів •OH і підвищує ступінь мінералізації.

Отже, фазові модифікації наноструктурованого TiO_2 визначають не лише його фотокаталітичну активність, а й перспективність для широкого застосування в технологіях водоочищення. Раціональне поєднання анатазу з іншими фазами, оптимізація морфології, впровадження композитів та іммобілізованих форм відкриває шлях до створення ефективних, екологічно безпечних, енергоефективних систем деградації стійких органічних забрудників у водному середовищі.

Література:

1. Данилюк Н. Ефективність комерційних зразків діоксиду титану у фотокаталітичному очищенні води. *Хімія, фізика та технологія поверхні*, 2022. № 23(3). С. 102−110. https://hdl.handle.net/123456789/12977

3.Миронюк І. Ф., Микитин І. М., Васильєва Г. В. Структурно-морфологічні властивості наночастинкового діоксиду титану допованого атомами бору, *Фізика і хімія твердого тіла*. 2022. Т. 23. № 3. С. 542−549.

2. Luttrell T., Halpegamage S., Tao J., Kramer A., Sutter E., Batzill M. Why is Anatase a Better Photocatalyst Than Rutile? Model Studies on Epitaxial TiO_2 Films. *Scientific Reports*. 2014. № 4. С. 1−10. https://doi.org/10.1038/srep04043

Кочубей О. В.
Рудніцький О. М.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕЧНІСТЬ ЗЕЛЕНИХ ОКИСНИКІВ У НЕОРГАНІЧНОМУ СИНТЕЗІ

У сучасних умовах підвищеної уваги до екологічної безпеки та сталого розвитку хімічне виробництво перебуває під тиском жорсткіших вимог щодо мінімізації негативного впливу на довкілля. Одним із ключових напрямів «озеленення» технологій є поступова відмова від традиційних токсичних і малоселективних окисників − таких як гіпохлорити, нітрати, дихромати, перманганати − на користь безпечніших та екологічно обґрунтованих альтернатив, які часто узагальнюють поняттям

«зелені окисники». Особливу актуальність ця проблема набуває в галузі неорганічного синтезу, де окиснення використовується для отримання широкого спектра речовин − від простих оксидів до складних координаційних і змішаних валентних сполук.

На етапах синтезу неорганічних матеріалів, зокрема металевих оксидів, пероксокомплексів, гідроксидів і змішаних фаз, застосування сильнодіючих окисників є необхідною умовою для досягнення заданого ступеня окиснення елементів або для створення функціонально активних поверхонь. Проте багато з традиційних реагентів, окрім високої ефективності, мають серйозні недоліки: високу токсичність, канцерогенність, утворення стійких до біодеградації відходів, генерацію хлорорганічних сполук (AOX) та інших небезпечних побічних продуктів, що суттєво ускладнює поводження з ними на стадіях утилізації та скидання.

У зв’язку з цим зростає інтерес до використання альтернативних окисників, які мають низький токсикологічний вплив, добре контролюються в реакційних системах, легко розкладаються на нешкідливі компоненти та не формують довготривалих ксенобіотичних залишків у довкіллі. До таких окисників належать: молекулярний кисень (O_2), пероксид водню (H_2O_2), пероцтова кислота (PAA), перкарбонати й перборатні системи, пероксомоносульфат, а також комбінації пероксидів з каталізаторами, що активуються за допомогою фотокаталізу, електрохімії або ультразвуку.

Екологічна безпечність зелених окисників визначається не лише низькою гострою токсичністю самих реагентів, а й ширшим колом характеристик: хронічною токсичністю для водних організмів, потенціалом до біоакумуляції, характером та швидкістю розкладу у водному середовищі, наявністю побічних токсикантів, корозійним потенціалом, вибухонебезпечністю при зберіганні й дозуванні, а також можливістю їх активації або гасіння під час технологічного процесу. Наприклад, пероксид водню має низький токсикологічний профіль, розкладається до води і кисню, проте при накопиченні в замкнених об’ємах або при взаємодії з іонами Fe^{2}/Cu^{2+} може спричиняти утворення радикалів •OH, які мають високу реакційну здатність і здатні впливати на живі організми або інші компоненти суміші. Аналогічно, пероцтова кислота є ефективним окисником, але має подразнювальну дію і нестабільна в умовах підвищеної температури.

Підвищення екологічних вимог до сучасних хімічних технологій обумовлює необхідність відмови від використання традиційних токсичних і малоселективних окисників, зокрема гіпохлоритів, дихроматів, нітратів, перманганатів, які застосовуються в агресивних середовищах та формують значну кількість стійких до розкладання відходів. Така практика в контексті сучасних уявлень про сталий розвиток і «зелену хімію» вимагає перегляду підходів до організації неорганічного синтезу, де окисно-відновні процеси відіграють провідну роль на стадії формування нових речовин, функціональних матеріалів, наноструктурованих систем і каталітично активних фаз.

Саме на етапах окиснення металів, аніонів або комплексних форм закладаються майбутні експлуатаційні властивості синтезованих сполук. Паралельно формуються важливі екологічні характеристики процесу − енерговитрати, обсяги побічних речовин, тип і якість стічних вод, ризики для персоналу та біоти. З урахуванням цього, поняття «зелений окисник» вийшло за межі вузького визначення екологічно прийнятного реагенту. Нині воно охоплює весь комплекс параметрів: токсикологічний профіль, екотоксичність продуктів розкладу, ступінь персистентності, потенціал до біоакумуляції, вибухо- та пожежонебезпечність, корозійну активність, умови утилізації залишків, можливість генерації in situ та енергоефективність технології загалом.

У зв’язку з цим зростає інтерес до безхлорних і малотоксичних окисників, які поєднують високу реакційну здатність, контрольовану поведінку в середовищі, простоту поводження та мінімальний вплив на довкілля. Серед найбільш перспективних у неорганічному синтезі виділяють пероксид водню, молекулярний кисень, пероцтову кислоту, перкарбонати, перборатні системи та пероксомоносульфат. Кожен із них має специфічні властивості, що визначають сферу їх доцільного застосування та обумовлюють необхідність ретельної оцінки екологічної безпечності. Огляд характеристик цих речовин дозволяє виявити переваги й обмеження кожного з них та обґрунтувати їх вибір для конкретних цілей неорганічного синтезу [1].

Пероксид водню (H_2O_2) є універсальним окисником, який у процесі розкладу утворює лише кисень і воду. Він широко використовується в реакціях окиснення перехідних металів до

вищих ступенів окиснення, а також у синтезі оксидів, гідроксидів і пероксокомплексів, особливо титану, молібдену, ванадію. Водночас його використання потребує суворого контролю концентрації, оскільки в присутності каталізаторів, таких як іони заліза або міді, відбувається розщеплення H_2O_2 із утворенням гідроксильних радикалів, які мають високу біологічну активність. Надлишок пероксиду можна ефективно нейтралізувати натрію бісульфітом або тіосульфатом, що мінімізує ризики потрапляння активного реагенту до стічних вод.

Молекулярний кисень (O_2), як один з найекологічніших окисників, є незамінним у високотемпературних процесах − наприклад, при отриманні твердих оксидів металів шляхом випалу в окисному середовищі. Його застосування не передбачає утворення вторинних токсикантів, а головним обмеженням виступають пожежо- та вибухонебезпечність за наявності горючих компонентів і високої температури. При використанні повітря як джерела кисню знижуються витрати, але можлива побічна генерація оксидів азоту, що вже не відповідає критеріям зеленої хімії [3].

Пероксикислоти, зокрема пероцтова кислота, поєднують окиснювальну активність пероксидної групи та кислотні властивості органічної частини. Вона розпадається на кисень, оцтову кислоту й воду, не залишаючи небезпечних продуктів, що робить її привабливою для обробки поверхонь, легкого окиснення металів і попереднього очищення матеріалів від органічних забруднень. Водночас речовина є нестійкою, має подразнювальні властивості, тому потребує особливого захисту органів дихання та очей персоналу, а також систем вентиляції в лабораторіях чи промислових установках.

Перкарбонати та перборат натрію − це тверді джерела пероксиду водню, які демонструють стабільність при зберіганні, зручність транспортування та поступове вивільнення H_2O_2 у водному середовищі. Їх використання доцільне у виробництві наноматеріалів, при окисненні водорозчинних сполук і як компоненти екологічно чистих реагентів для низькотемпературного синтезу. Їх екологічна безпечність обумовлена відсутністю токсичних залишків, проте необхідно запобігати утворенню пилу та контролювати вологість при зберіганні [2].

Пероксомоносульфат належить до новітніх зелених окисників, здатних генерувати сульфатні радикали SO_2^{2-} при активації ультрафіолетовим випромінюванням, нагріванням або іонами перехідних металів. У неорганічному синтезі його застосовують для регульованого окиснення металів, очищення поверхонь, створення поруватих оксидів. Перевагою є відсутність хлорвмісних побічних продуктів, проте надлишок активних радикалів у водному середовищі потребує обов'язкової нейтралізації. Продукти розкладу − сульфат і вода − безпечні, хоча висока іонна сила стічних вод може бути небажаною в умовах з недостатньою фільтрацією.

Значний потенціал мають також фотокаталітичні та електрохімічні методи, які забезпечують генерацію активних форм кисню in situ без потреби у введенні сторонніх реагентів. Наприклад, комбінація TiO_2 з УФ-опроміненням забезпечує утворення гідроксил-радикалів на поверхні фотокаталізатора, що використовуються для окиснення забруднень або активування матеріалів. Електрохімічне окиснення, зокрема на бордованому алмазі, дозволяє створити високореактивне середовище без внесення хімічних окисників, а контроль процесу здійснюється потенціостатично. Такі технології є перспективними для замкнених систем синтезу, з мінімальним викидом у довкілля.

Отже, наведений огляд свідчить, що застосування «зелених» окисників у неорганічному синтезі відкриває широкі можливості для поєднання високої хімічної ефективності з екологічною безпечністю технологічного процесу. Кожен з розглянутих реагентів має свої переваги та обмеження, які потребують врахування в контексті конкретного синтетичного завдання, умов реалізації та вимог до кінцевого продукту. Водночас, незважаючи на значний прогрес у цій сфері, низка аспектів екологічного оцінювання, інженерної реалізації та інтеграції таких окисників у масштабні технологічні платформи потребує подальшого вдосконалення. Це визначає актуальність аналізу перспектив розвитку відповідних підходів у хімії неорганічного синтезу.

Література:

1. Коваль Л. Б. Неорганічна хімія у дзеркалі сьогодні. XXI Міжнародної конференції з неорганічної хімії України (XXI

ICICU). 2025. № 91(2). С. 91-108. https://doi.org/10.33609/2708-129X.91.2.2025.91-108
2. Кропив'янська А. О. Зелена хімія: принципи та методи створення екологічно безпечних речовин. Вінницький нац. технічний ун-т, 2024. 44 с.
3. Campos-Martín J. M., Blanco-Brieva G., Fierro J. L. G. Hydrogen Peroxide Synthesis: An Outlook beyond the Anthraquinone Process. *Angewandte Chemie International Edition*. 2006. № 45(42). С. 6962-6984. https://doi.org/10.1002/anie.200503779

Недайборщ Н. П.

ВІД АЛХІМІЇ ДО ХІМІЇ: РОЛЬ НАУКИ У ФОРМУВАННІ СУЧАСНОГО СВІТУ

Наука завжди була невід'ємною частиною прогресу людства. Вона змінювала наші уявлення про природу світу, допомагала вирішувати життєво важливі питання та відкривала нові горизонти. Серед усіх наукових дисциплін хімія займає особливе місце. Вона не лише пояснює фізичні та хімічні властивості речовин, але й дає людству інструменти для їхнього перетворення.

Алхімія, яка є передвісницею сучасної хімії, бере свій початок ще в античні часи. Її виникнення було зумовлене прагненням людей зрозуміти природу речовин і розкрити таємниці їхніх перетворень. У Стародавньому Єгипті алхімія була тісно пов'язана з міфологією і релігійними віруваннями. Єгипетські жерці стали першими, хто почав експериментувати із металами, барвниками, лікарськими засобами та мінералами. Вони вважали, що метали, як і живі істоти, мають життєвий цикл: від народження до зрілості, коли простий метал може стати досконалим золотом [2].

Водночас у Стародавній Греції, під впливом філософських учень Демокріта й Арістотеля, сформувалася концепція, згідно з якою всі речовини складаються з чотирьох основних елементів: землі, води, повітря і вогню. Арістотель стверджував, що зміна співвідношення цих елементів може призвести до трансформації однієї речовини в іншу. Ця ідея стала одним із наріжних каменів алхімічної доктрини, яка залишалася актуальною упродовж багатьох століть.

Розвиток алхімії досягнув нового рівня в середньовічному арабському світі. Завдяки видатним ученим, таким як Джабір ібн Хайян, відомий у Європі як Гебер, було систематизовано знання про хімічні процеси. Джабір описав сотні методів, включаючи дистиляцію, сублімацію, кристалізацію та фільтрацію, що стали основою сучасної хімічної практики. Також були відкриті й описані властивості кислот і лугів, що започаткувало розвиток хімічної номенклатури.

У Європі алхімія XIV–XVI століть мала містичний характер, зосереджуючись на пошуку філософського каменя, еліксиру безсмертя та універсального розчинника. Однак навіть у цей період алхіміки зробили важливі відкриття, серед яких отримання мінеральних кислот, таких як азотна та сірчана, які стали основою для хімічної промисловості. Зокрема, Парацельс – один із найвідоміших алхіміків тієї епохи – впровадив ідею застосування мінералів і хімічних речовин у медицині, заклавши основи сучасної фармакології.

Перехід від алхімії до науки хімії почався в епоху Відродження, коли науковий метод набув популярності серед дослідників. Одним із ключових моментів цього переходу стала діяльність англійського вченого Роберта Бойля, який відкинув містицизм і обґрунтував необхідність експериментального підходу. У своїй праці «Хімік-скептик» (1661) він розкритикував концепцію «чотирьох елементів» і запропонував розглядати речовини як комбінації атомів. Його роботи заклали основи фізичної хімії та стимулювали подальший розвиток науки [2].

Революційні зміни відбулися завдяки Антуану Лавуазьє, який у XVIII столітті довів, що процеси горіння та окиснення є результатом взаємодії речовин із киснем. Він сформулював закон збереження маси, що став фундаментальним для сучасної хімії. Роботи Лавуазьє мали настільки значний вплив, що його часто називають «батьком сучасної хімії».

На початку XIX століття відбувся прорив у розвитку органічної хімії. Фрідріх Велер у 1828 році вперше синтезував органічну сполуку – сечовину – з неорганічних речовин, довівши, що органічні сполуки можуть бути створені штучно. Це зруйнувало багатовікову догму про «життєву силу», необхідну для утворення органічних речовин.

У XIX і XX століттях хімія стала рушійною силою промислової революції. Синтез барвників, таких як аніліновий фіолетовий, здешевив і прискорив виробництво текстилю, а процес Габера-Боша для синтезу аміаку зробив можливим створення штучних добрив, що вирішило проблему голоду в багатьох країнах. Розвиток полімерної хімії призвів до появи нових матеріалів, таких як пластмаси, які використовуються у всіх сферах сучасного життя: від автомобільної промисловості до медицини.

Одним із значущих моментів у становленні сучасної хімії було відкриття Роберта Бойля, який, відкинувши містичні аспекти алхімії, запровадив концепцію атомів і молекул, що з часом стало основою для розвитку хімічної науки. Пізніше, роботи Антуана Лавуазьє, зокрема закон збереження маси, кардинально змінили уявлення про хімічні процеси і відкрили шлях до створення сучасної хімічної теорії.

Проте навіть у XX столітті хімія продовжувала робити величезні кроки вперед. Промислова хімія, на основі відкриттів у галузі органічної хімії, змогла забезпечити величезне виробництво нових матеріалів, що стали основою для розвитку багатьох галузей, від текстильної промисловості до фармацевтики. Винайдення нових методів синтезу, таких як процес Габера-Боша для отримання аміаку, дало змогу значно підвищити врожайність сільського господарства і створити штучні добрива, що мали далекосяжні наслідки для розвитку людства.

Хімія також відіграла ключову роль у медичній науці. Завдяки її досягненням було відкрито антибіотики, синтезовано вакцини та створено тисячі ліків. Розуміння молекулярної будови речовин дозволило розробляти інноваційні методи лікування важких хвороб, таких як рак і серцево-судинні захворювання.

Окрім того, хімія суттєво вплинула на енергетику. Нафта, газ і вугілля, які є основними джерелами енергії, вивчалися саме завдяки хімії. У XXI столітті акцент зміщується на розробку стійких джерел енергії, таких як водень і сонячна енергія.

Сьогодні хімія стикається з викликами, зокрема екологічними проблемами. Забруднення довкілля та зміни клімату спонукають до розвитку «зеленої хімії» – напрямку, спрямованого на створення екологічно чистих матеріалів і технологій [3], зменшення забруднення довкілля, виготовлення екологічно чистих матеріалів, переробку відходів, а також розробку альтернативних джерел

енергії є одними з пріоритетних завдань сучасної науки. Проблеми забруднення води, повітря та ґрунтів потребують негайного вирішення, і хімія є тією наукою, що може запропонувати ефективні рішення.

Зважаючи на ці досягнення, не можна не згадати про величезні перспективи, які відкриває хімія в майбутньому. Зокрема, вивчення молекулярної медицини, генетики та нанотехнологій стане важливим кроком у розвитку індивідуалізованої медицини, де ліки і терапевтичні методи будуть спрямовані не лише на лікування хвороб, але й на профілактику та покращення якості життя людей. Розвиток нових молекул, створених за допомогою нанотехнологій, відкриває перед людством неймовірні можливості для створення нових матеріалів, які мають унікальні властивості, наприклад, для будівництва, транспорту або навіть у виготовленні медичних приладів.

Переробка відходів, зокрема пластикових, є однією з найголовніших екологічних проблем, з якими стикається сучасне суспільство [1]. У цьому контексті розвиток біорозкладаних матеріалів, а також методи, які дозволяють перетворювати відходи на корисні продукти або енергію, стане важливим напрямком у дослідженнях хіміків. Відновлення екосистем і створення замкнутих циклів у виробництві – це те, що забезпечить стійкість розвитку людства в майбутньому.

Науковці також активно досліджують можливості молекулярної медицини, яка дозволяє створювати індивідуалізовані ліки на основі генетичних даних. Такі розробки відкривають нові горизонти в лікуванні хвороб, забезпечуючи персоналізований підхід до кожного пацієнта.

Хімія, пройшовши довгий шлях від містичних уявлень алхіміків до сучасної науки, стала невід’ємною частиною нашого життя. Її досягнення змінили суспільство, трансформували економіку та забезпечили нові можливості для вирішення глобальних викликів людства.

Слід відзначити, що хімія не просто продовжила традицію алхімії, а й змінила її фокус. Якщо алхімія прагнула до перетворення простих матеріалів на ідеальні або безсмертні, то хімія відкинула містичні уявлення і зосередилася на вивченні законів природи. Важливим кроком у цій трансформації було усвідомлення того, що науки повинні базуватися на об’єктивних

фактах, спостереженнях і експериментах, а не на вигадках чи містичних віруваннях.

У підсумку, дослідження хімії не лише розкривають минуле і дають уявлення про те, як наука змінювала світ, але й відкривають нові можливості для майбутнього. З кожним новим відкриттям хімії перед нами постають нові виклики, які вимагають зусиль і рішучих дій. Перспективи цієї науки нескінченні, і кожне досягнення в цій сфері – це ще один крок на шляху до покращення якості життя людства та збереження нашої планети. Вивчення хімії як основи сучасного світу дозволяє краще розуміти процеси, які відбуваються навколо нас, і дає наукові інструменти для вирішення найважливіших проблем людства.

Література:

1. Бенжамін В. Зелена хімія: практичні аспекти та екологічні виклики. Лондон: Академічне видавництво, 2011. С. 114–119.
2. Історія хімії: навчальний посібник / О. М. Камінський, Р. О. Денисюк, О. У. Кондратенко, М. В. Чайка, О. С. Євдоченко, О. Ю. Авдєєва. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2019. 197 с.
3. Мортон Р. Зелена хімія: стійкість і перспективи. Лондон: Наукова думка, 2012. 468 с.

Туркоман І.
Кормош Ж.

ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ

Аскорбі́нова кислота (АК) – гамма-лактон 2,3-дегідро-L-гулонової кислоти (*вітамін С*) – відносно проста органічна кислота (рис.1). Хімічна формула $C_6H_8O_6$. Міститься у свіжих фруктах (яблука, сливи, персики тощо) та овочах. Відносять до водорозчинних вітамінів [1].

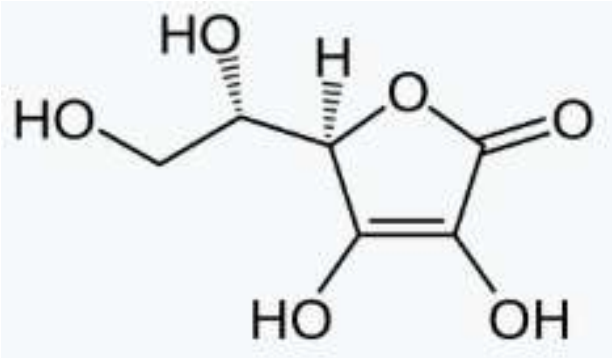


Рис. 1. Графічна формула аскорбінової кислоти.

Кристалічний порошок білого або майже білого кольору чи безбарвні кристали, що змінюють колір під впливом повітря і вологи, насипна густина після усадки – 1,0–1,2 г/см^3 (кристалічний матеріал), 0,9–1,1 г/см^3 (порошок), щільність справжня 1,688 г/см^3; константа дисоціації рKa_1 = 4,17, рKa_2 = 11,57. Легкорозчинний у воді (1:3,5), пропіленгліколі (1:20), розчинний у 96%-ному спирті (1:25), гліцерині (1:1000). pH 2,1–2,6 (5% водний розчин). Плавиться при температурі близько 190°С із розкладанням [2].

Не синтезується в організмі людини і надходить лише з продуктами харчування. Розчиняється у воді й руйнується при тривалому кип’ятінні, тому вимочування або переробка овочів знижує вміст у них вітаміну С. Вітамін С міститься в лимонах (~53 мг/100 г), плодах шипшини (~426 мг/100 г), солодкому перці (125-190 мг/100 г), чорній європейській смородині (~181 мг/100 г), зеленій цибулі (~13.4 мг/100 г). Добова потреба людини в аскорбіновій кислоті досить велика – 70-100 мг. Нестача аскорбінової кислоти може привести до цинги. Вітамін С виконує в організмі два основні завдання: забезпечення імунного захисту і стабілізації психічної діяльності. Вітамін С - найкращий засіб для збереження життєвої сили. Коли бракує вітаміну С, в людей кровоточать ясна, трапляються часті застуди, слабшають нерви, погіршується увага. Виникають: загроза запалення слизових оболонок, зайва вага, підвищена втомлюваність, депресивний стан, безсоння, ранні зморшки та проблеми із серцево-судинною системою [3].

У зв’язку з широким застосуванням АК чимало уваги приділяється і методам її визначення. Для визначення АК запропоновано низка методів: оптичні, електрохімічні, хроматографічні, кінетичні тощо [4]. Більшість методів є достатньо чутливими, однак, потребують складної пробопідготовки та

високовартісної апаратури.Достатньо простим у виконанні є метод йодометричного титрування, де як індикатор використовують крохмаль [5]. У даному методі точку еквівалентності визначають візуально. Точність та правильність такого методу залежить від багатьох чинників. Зокрема, непридатний для визначення АК у забарвлених та каламутних розчинах. Щоб позбутися даних обмежень нам бачилось перспективним розробити титрометричну методику визначення АК, в якому точку еквівалентності визначати потенціометричним способом з використанням трийодид-іон чутливого сенсора.

Мета робити – розробити потенціометричну методику визначення АК. Для реалізації мети необхідно розробити трийодид-чутливий потенціометричний сенсор на основі іонного асоціату (ІА) трийодид-іонів з реагентом азур II (рис.2):

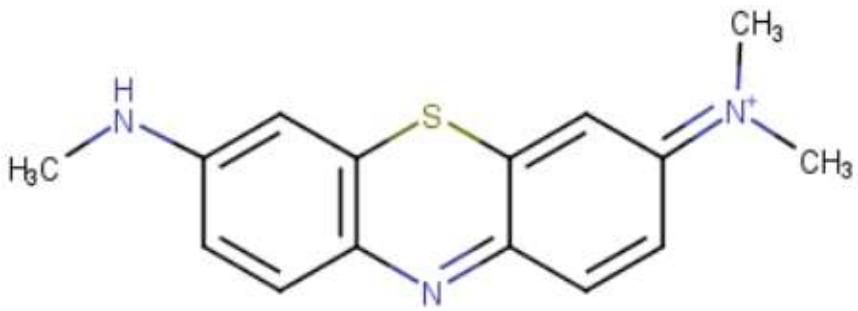


Рис. 2. Графічна формула катіона азур II.

Попередні квантово-хімічні розрахунки та експериментальні дослідження показали, що в присутності азур II трийодид-іон утворює стійкий ІА, який можна виділити у твердому стані.

Виділений та висушений ІА використали як електроактивна речовина (ЕАР) у пластифікованому мембранному сенсорі. Створені мембрани складу: полівінілхлорид – матриця, дибутилфталат – пластифікатор, ІА – ЕАР; оптимізовано склад та створено потенціометричний сенсор, чутливий до трийодид-іонів. Розроблена надійна методика потенціометричного визначення аскорбінової кислоти у різних об’єктах.

Методика визначення АК. Із підготовленої проби відбирають аліквотну частину (5-20 мл); переносять у скляний стакан об’ємом 100-200 мл, добавляють 5 мл 0,1 моль/л ацетатної кислоти та 50 мл дистильованої води; стакан розміщують на електричній мішалці; у розчин у стакані поміщають магнітний стрижень, занурюють трийодид-чутливий сенсор та хрорид-срібний електрод порівняння,

які підключені до потенціометра. Проводять титрування. Як титрант використовують 0,1 моль/л розчин трийодид-іонів. після добавляння кожної порції титранту фіксують потенціал системи. будують криву титрування в координатах – залежність потенціалу від об'єму титранту. Знаходять точку еквівалентності та розраховують вміст аскорбінової кислоти. Типова форма кривої титрування наведена на рис 3.

Таким чином в результаті наших досліджень встановлено: азур II із трийодид-іонами утворює ІА, який можна виділити у твердому вигляді та використати як ЕАР для створення пластифікованого мембранного потенціометричного трийодид-іон чутливого сенсора; розроблена потенціометрична методика в якій точку еквівалентності визначають за допомогою розробленого трийодид-чутливого сенсора придатна для визначення аскорбінової кислоти.

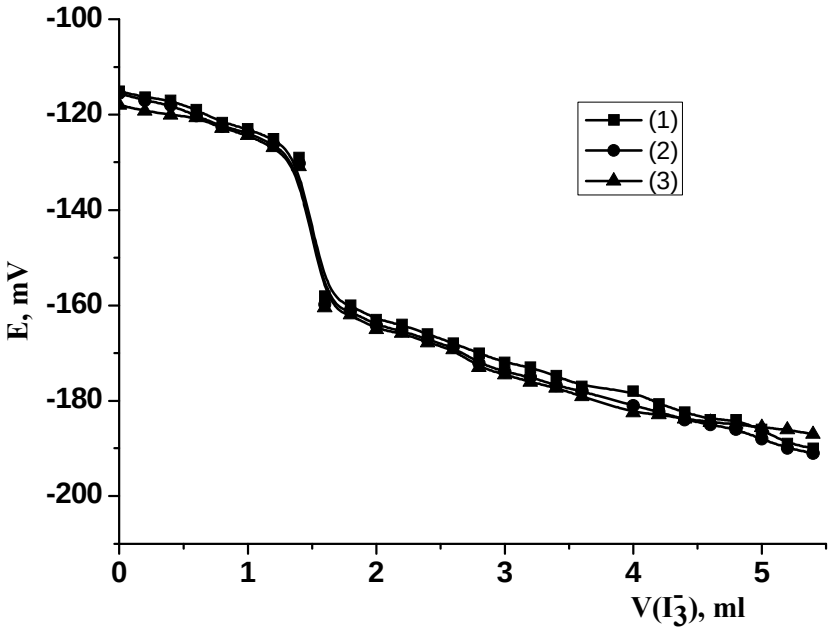


Рис. 3. Крива потенціометричного титрування дитячого соку «HiPP, гарбузово-яблучний»

Література:

1. Вітамін С. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD_C.
2. Нековаль І. В., Казанюк Т. В. Фармакологія: підручник. 4-е вид., виправл. Київ: ВСВ «Медицина», 2011. 520 с. ISBN 978-617-505-147-4.

3. Фармацевтична хімія: підручник / ред. П. О. Безуглий. Вінниця: Нова Книга, 2008. 560 с. ISBN 978-966-382-113-9. 305 с.
4. Raman S., Sehrawat A., Upadhyay R. et al. Different Methods Used For Determination of Vitamin C.*Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2023. 12(09). 56-66; https://doi.org/10.20546/ijcmas.2023.1209.006.
5. Базель Я. Р., Воронич О. Г., Кормош Ж. О. Практичний курс аналітичної хімії: Навч. посіб. Луцьк: Ред.-вид. відд. «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2004. Ч.1. 260 с. ISBN 966-600-153-5; ISBN 966-600-154-3 (ч.1).