

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Факультет природничих наук

Кафедра хімії середовища та хімічної освіти

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього рівня бакалавра

на тему: **«Пошуково-дослідницька діяльність учнів як засіб розвитку предметної хімічної компетентності»**

Виконала: студентка IV курсу, групи СОХ-41
спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія)
Храбатин Ю.А.

Керівник

Лучкевич Є.Р.

Рецензент

Матківський М.П.

Івано-Франківськ – 2023 р.

Храбатин Ю.А. Пошуково-дослідницька діяльність учнів як засіб розвитку предметної хімічної компетентності. – Дипломна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра за спеціальністю 014.06 Середня освіта (Хімія). – Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника.–Івано-Франківськ, 2023.– 103с.

Дипломна робота є рукопис, який містить матеріал про пошуково-дослідницьку діяльність учнів на уроках хімії. У роботі приведена загальна характеристика пошуково-дослідних проєктів. Проаналізовано оновлені програми з хімії для учнів 7-9 та 10-11 класів для ЗЗСО, а також програми олімпіад з хімії. Розроблено методичні матеріали та завдання для проведення навчальних проєктів на тему «Хімія морозива», «Стабільність антрахіноїл-1-діазонію», здійснено наукові дослідження щодо стабільності антрахіноїл-1-діазонію за різних умов, розроблено методичні рекомендації та апробовано досліди з морозивом для школярів. 103 с., Табл. 6, Рис. 61. Літ. 57.

Ключові слова: фізична та органічна хімія, Мала академія наук України, навчальна програма, наукова робота, діазосполуки, азосполучення, антрахінон, кінетика, хімія морозива, мікроструктура морозива, приготування морозива.

Khrabatyn J.A. Search and research activities of students as a means of developing subject chemical competence.

The graduation project is a manuscript that contains material about the research activities of students in chemistry classes. The work gives a general description of search and research projects. Methodical materials and tasks for conducting educational projects on the topic «Chemistry of ice cream», «Stability of anthraquinoyl-1-diazonium» were developed, scientific research was carried out on the stability of anthraquinoyl-1-diazonium under various conditions, methodical recommendations were developed and experiments with ice cream for schoolchildren were tested. 103 p., Tabl. 6, Fig. 61. Lit. 57.

Keywords: physical and organic chemistry, Small Academy of Sciences of Ukraine, curriculum, scientific work, diazo compounds, azo compounds, anthraquinone, kinetics, ice cream chemistry, ice cream microstructure, ice cream preparation.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 5 |
| Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ..... | 10 |
| 1.1. Пошуково-дослідницька діяльність здобувачів освіти на уроках хімії..... | 10 |
| 1.2. Види хімічних експериментів у шкільному курсі..... | 14 |
| 1.3. Означення домашнього хімічного експерименту..... | 16 |
| 1.4. Домашні хімічні експерименти у навчальних програмах.... | 17 |
| 1.5. Прикладні аспекти фізичної хімії у шкільному курсі хімії... | 19 |
| Розділ 2. ДОСЛІДНИЦЬКО-ПОШУКОВА ДІЯЛЬНІСТЬ ШКОЛЯРІВ НА ПРИКЛАДІ «ХІМІЇ МОРОЗИВА»..... | 25 |
| 2.1. Структура морозива..... | 25 |
| 2.2. Основні компоненти морозива..... | 28 |
| 2.2.1. Роль повітря у морозиві..... | 28 |
| 2.2.2. Роль кристалів льоду у морозиві..... | 29 |
| 2.2.3. Стабілізатори..... | 31 |
| 2.2.4. Цукор, сиропи та підсолоджувачі..... | 32 |
| 2.2.5. Жири..... | 34 |
| 2.2.6. Емульгатори..... | 35 |
| 2.2.7. Ароматизатори..... | 37 |
| 2.3. Види морозива..... | 38 |
| 2.4. Методика приготування морозива в домашніх умовах..... | 39 |
| 2.5. Цікаві досліди «Ідентифікація речовин у морозиві»..... | 49 |
| 2.6. Методика проведення STEAM-проєкту «Морозиво» у ЗЗСО..... | 59 |
| 2.7. Цікаві завдання, конкурси, навчальні ігри за темою «Морозиво»..... | 63 |
| 2.7.1. Кроссенси «Морозиво»..... | 64 |
| 2.7.2. Ребуси «Морозиво»..... | 65 |
| 2.7.3. Нестандартні завдання про морозиво..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Розділ 3. ДОСЛІДНИЦЬКО-ПОШУКОВА РОБОТА УЧНІВ НА ПРИКЛАДІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЄКТУ «СТАБІЛЬНІСТЬ АНТРАХІНОЇЛ-1-ДІАЗОНІЮ»..... | 71 |
| 3.1. Загальний огляд теоретичної бази та шкільних програм, що стосується тематики проєкту..... | 71 |
| 3.2. Хімія діазо- та азосполук на основі антрахінонового скелету..... | 74 |
| 3.3. Основні поняття і терміни. Визначення константи кислотності | 76 |
| 3.4. Кінетика розкладу діазосполук. Методика визначення швидкості розкладу | 80 |
| 3.5. Розклад діазосполук при нагріванні та фотоопроміненні.... | 85 |
| 3.6. Використання результатів дослідження..... | 87 |
| Висновки..... | 90 |
| Список використаних літературних джерел..... | 91 |
| Додатки..... | 99 |

ВСТУП

Робота виконана у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.

Актуальність роботи полягає у поданій концепції реалізації навчальних проєктів, що допоможе педагогам збільшити інтерес здобувачів освіти до складних тем, що стосуються розділів фізичної та органічної хімії. У роботі використано теми, що стосуються потенційно можливого створення протипухлинних препаратів на базі антрахінонових діазосполук, синтезу азобарвників (які є важливим продуктом хімічного виробництва), хімії та технології виробництва морозива, методологічні вказівки щодо проведення теоретичних та експериментальних частин науково-пошукових проєктів, STEM-проєктів та проєктів МАН.

Мета і завдання дослідження

Об'єкт дослідження: базові та прикладні аспекти фізичної та органічної хімії шкільного курсу.

Предмет дослідження: методичні розробки проєктів з фізичної та органічної хімії для реалізації в закладах загальної середньої освіти.

Мета роботи полягає у підборі та аналізі літературних джерел, що стосуються поданої теми, а також у розробці методичного матеріалу, що стосується основних аспектів фізичної та органічної хімії шкільного курсу для реалізації цікавих для здобувачів освіти проєктів науково-дослідного, навчального та розважального характеру.

У меті зосереджені *такі завдання:*

- ✓ Підібрати та проаналізувати літературні джерела, що стосуються даної тематики.
- ✓ Проаналізувати програми з хімії для учнів 7-9 та 10-11 класів (рівень стандарту, рівень поглибленого вивчення та профільний рівень) ЗЗСО, а також програми для підготовки здобувачів освіти для участі в олімпіаді з хімії.

- ✓ Здійснити опис, загальну характеристику, скласти методичку проєктів та експериментів, що проводяться при їх виконанні.
- ✓ Проаналізувати одержані експериментальним шляхом результати проєктної діяльності за темою «Стабільність антрахіноіл-1-діазонію», розробити постер за результатами дослідження.
- ✓ Скласти креативні завдання та методичні рекомендації, що стосуються тематики проєктів, здійснити апробацію дослідів (проєкт «Морозиво»).
- ✓ Провести анкетування на тему «Морозиво», проаналізувати його результати.

Стан наукової розробки.

Як показують сучасні дослідження, інтерес учнів до вивчення навчальних предметів природничого циклу постійно падає. Особливо це помітно для предмету «Хімія». В першу чергу це пов'язано із суспільними стереотипами, мовляв Хімія – це «нудно, не цікаво, надто складно і точно не згодиться у звичному житті». Крім того, низький інтерес та відсутність мотивації до вивчення хімії нерозривно пов'язаний зі зниженням якості викладання фізико-математичного напрямку у ЗЗСО, адже хімія безпосередньо пов'язана з цими науками (не знаю математики, не розумію як працюють фізичні закони – точно не розумітиму хімії). Також негативно впливає надмірне теоретичне навантаження учнів (недосконалі шкільні програми) та низьке матеріально-технічне забезпечення хімічних кабінетів у закладах загальної середньої освіти. Всі ці фактори негативно впливають на мотивацію здобувачів освіти до вивчення хімії.

Проте, як показує практика учні люблять брати участь у хімічних шоу, спостерігати за перебігом хімічних реакцій, виконувати хімічні експерименти як під час уроків (практичних робіт), так і самостійно у якості домашнього експерименту. Залучення здобувачів освіти до пошуково-дослідницької діяльності, що містить елементи практичної чи експериментальної роботи, яка, крім того, має прикладну (життєву) користь може суттєво збільшити зацікавленість аудиторії до пізнання таємниць хімії.

Використання на уроках хімії, в позакласній роботі, в процесі підготовки до олімпіади чи участі в хімічних конкурсах чи турнірах, навчальних проєктів, що дозволяють розв'язувати життєві ситуації за допомогою хімічної науки дозволяє викликати більший інтерес учнів до вивчення природничих дисциплін, зокрема хімії.

Вимоги до навчального проєкту з хімії:

1. Повинен бути зрозумілим та цікавим для аудиторії, з якою працює вчитель;
2. Має передбачати вирішення значущої дослідної проблеми;
3. Має включати теоретичну хімічну базу, передбачену навчальною програмою;
4. Повинен розв'язувати прикладні задачі;
5. Передбачає самостійну діяльність учнів. Загалом добре, якщо проєкт – це командна робота (за такої умови здобувачі освіти розвивають навички тимблдіingu та soft skills), проте проєкт може носити індивідуальний характер;
6. За можливості містити не лише теоретичний аналіз проблеми, але й передбачати виконання:
 - ✓ Математичного аналізу проблеми;
 - ✓ Статистичну обробку даних;
 - ✓ Хімічних дослідів;
 - ✓ STEM-складових;
7. Має носити інтегративний характер;
8. Повинен передбачати, перш за все, дослідницькі методи для вирішення поставлених проблем;
9. Передбачає реалізацію інтелектуально-творчого потенціалу здобувачів освіти;
10. Повинен мати певну поетапну структуру;
11. Проєкт передбачає кінцевий захист результатів дослідженої проблеми у вигляді – презентації, доповіді, буклету, постера,

створеної комп'ютерної програми, розробленого пристрою (креслення, макету, схеми, тощо), і т.д, оформлених відповідно до зазначених вчителем (конкурсною комісією, стандартом, тощо) вимог;

12. Повинен бути реалізований у межах дедлайну;

13. Повинен мати чіткі та зрозумілі і заздалегідь подані учням критерії оцінювання.

Роль навчальних проєктів при вивченні хімії:

- ✓ Дозволяють реалізувати навчальну програму з хімії;
- ✓ Збільшують рівень зацікавленості здобувачів освіти та їх мотивацію вчитися;
- ✓ Розвивають самостійність та застосування комплексного та критичного мислення для пошуку відповідей на проблемні запитання та розв'язку дослідницьких завдань;
- ✓ Дозволяють поєднувати теорію та практику.

Як показує досвід вчителів хімії залучення учнів до проєктної дослідницької діяльності суттєво збільшує зацікавленість до вивчення хімії, сприяє формуванню аналітичного, критичного, практико-орієнтованого, творчого та логічного мислення та сприяє покращенню результатів навчання учнів. Тому застосування навчальних проєктів – це актуально, корисно, інноваційно та сучасно.

Методи дослідження. У роботі використані наступні методи дослідження: *теоретичні* (аналіз, синтез, порівняння, абстрагування, моделювання, узагальнення, класифікація), *емпіричні* (експеримент, вимірювання, пряме і непряме спостереження, самооцінювання). Аналіз, узагальнення та систематизація наукової, науково-методичної та педагогічної літератури, що стосується тематики дослідження; аналіз нормативно-правових актів, які регламентують організацію освітнього процесу у ЗЗСО, чинних стандартів базової та повної загальної середньої освіти, аналіз навчальних програм з хімії та фізики профільного (поглибленого вивчення) та рівня

стандарт, безпосереднє проведення експериментальних досліджень та оцінка їх результатів.

Практичне значення одержаних результатів базується на використанні результатів проведених досліджень у галузі технології азобарвників, галузі фармації та медицини, а також на використанні розроблених навчально-методичних матеріалів вчителями природничих дисциплін ЗЗСО та студентами спеціальностей 014.06 «Середня освіта (Хімія)», 014.15 «Середня освіта (Природничі науки)» для вивчення та засвоєння знань з відповідних навчальних дисциплін чи їх розділів, а також для використання під час проходження педагогічної практики.

Особистий внесок здобувача. Аналітичний огляд літературних джерел, якісний відбір навчального матеріалу з методики викладання хімії та природничих дисциплін, фізичної хімії, органічної хімії, методики підготовки до олімпіад та написання наукових робіт; створення креативних завдань (тема «Морозиво»); проведення експериментальних досліджень щодо кінетики розкладу та кислотно-основних перетворень діазосполук антрацен-9,10-діонового ряду; формулювання висновків; написання і оформлення тексту рукопису; розробка методичних рекомендацій та завдань для проведення STEAM-проектів; розробка постера «Стабільність антрахіноіл-1-діазонію»; апробація розроблених методик проведення експериментів за темою «Морозиво»; проведення та аналіз результатів соціального опитування «Морозиво».

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 103 сторінки, в тому числі 6 таблиць, 61 рисунок, список наукових джерел інформації містить 57 найменувань.

Розділ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ**1.1. Пошуково-дослідницька діяльність здобувачів освіти на уроках хімії**

Загалом дослідницька діяльність здобувачів освіти на уроках хімії відіграє значну роль у формуванні ключових компетентностей прописаних у концепції Нової української школи, адже формування цілісного світогляду і гармонійного розвитку особистості сучасного здобувача освіти дозволяє йому у майбутньому бути конкурентоспроможним на ринку праці.

Хімія – наука, що безпосередньо пов'язана з дослідницькою і практичною діяльністю, а тому вивчення хімії у ЗЗСО без застосування дослідницького методу є просто неможливим. Дослідницький метод дозволяє повною мірою реалізувати проблемний виклад матеріалу і органічно його доповнює. Неможливо не зазначити, що грамотне використання дослідницького методу суттєво збільшує мотивацію учнів до вивчення хімії.

Варто зазначити, що дослідницька діяльність має високу цінність, адже володіє високою продуктивністю, адже в ході такої діяльності учень проявляє максимальну самостійність і застосовує вміння аналізувати проблеми та шукати ефективні і раціональні шляхи їх вирішення враховуючи ризики, тощо. Крім того, пошуково-дослідницька діяльність дозволяє учням краще познайомитись із загальнонауковими методами дослідження [19].

Необхідно також вказати, що дослідницька робота – це перш за все творча робота здобувача освіти, яка вимагає самостійності і ґрунтується на знаннях, вміннях та навичках, здобутих на уроках та в позаурочний час. Таким чином, виконуючи дослідницьку роботу здобувач освіти має змогу проявити свій креатив та творчий підхід до вирішення тих чи інших проблемних завдань. Розвиток творчих здібностей, ініціативності, самостійності, активної зацікавленості допоможе формувати свідому особистість здобувача освіти у закладах загальної середньої освіти та у позаурочний час, зокрема на гуртках

з хімії чи природничих наук, на факультативах, при підготовці до олімпіад чи конкурсу МАН [18, 1919].

Базові вміння здобувачів освіти, що необхідні їм для виконання дослідницько-пошукової роботи можна розділити на чотири блоки, а саме:

- ✓ Організаційні вміння;
- ✓ Вміння дослідного характеру;
- ✓ Вміння працювати з інформацією (логічне + критичне + аналітичне мислення);
- ✓ Вміння презентувати результати виконаної роботи [23].

Загалом формування дослідницько-пошукової діяльності здобувачів освіти вчителем хімії можна умовно розділити на 3 етапи:

- ✓ Підготовчий етап – ознайомлення здобувачів освіти із дослідницькою діяльністю, формування необхідних вмінь та навичок, поступове накопичення досвіду;
- ✓ Розвиток дослідницьких вмінь здобувачів освіти;
- ✓ Самостійна дослідницька діяльність здобувачів освіти.

Організація дослідницької діяльності учнів повинна носити систематичний характер, щоб досягти бажаних результатів. Процес організації дослідницької діяльності здобувачів освіти включає:

- Проблемний виклад матеріалу на уроках хімії;
- Систематичність роботи;
- Проведення практичних робіт;
- Проведення лабораторних дослідів;
- Проведення хімічних практикумів;
- Використання демонстраційного експерименту на уроках хімії;
- Використання домашнього експерименту;
- Розв'язування проблемних завдань та запитань;
- Розв'язування експериментальних задач;
- Виконання проєктів;

- Участь у позакласній дослідній діяльності (екскурсії, хімічні гуртки, факультативи, підготовка до олімпіад, конкурсів (МАН), тощо).

Для проведення дослідницької діяльності здобувачі освіти мають володіти певною групою дослідницьких вмінь, що стосуються – інтелектуальної та практичної складових, що дозволяють формувати самостійність та ініціативність особистостей здобувачів освіти. Деякі вчені розглядають дослідницьку діяльність крізь призму інтелектуально-творчої діяльності здобувачів освіти пошукового характеру, яке коректно здійснювати відповідно до вимог наукового дослідження [19].

Якісне і грамотне застосування вчителем хімії дослідницького методу не лише дозволяє здобувачам освіти максимально самостійно вирішувати навчальні проблеми, але також самостійно формулювати проблеми, шукати шляхи їх вирішення та якісно планувати хід власних дій під час вирішення проблемних завдань.

Основні етапи реалізації дослідницького методу на уроках хімії у ЗЗСО:

- Пояснення мети та завдань уроку;
- Створення проблемної ситуації;
- Висунення гіпотези проблеми;
- Верифікація (фальсифікація) гіпотези лабораторним шляхом;
- Проведення дослідів;
- Формулювання обґрунтованих висновків;
- Узагальнення результатів дослідження;
- Аналіз результатів дослідів і зіставлення їх з висунутою гіпотезою;
- Формулювання висновків;
- Зіставлення висновків з теоретичним змістом підручника;
- Презентація результату дослідження [19].

У педагогічній науці, при навчанні хімії класично виділяють 3 групи методів – загальнопедагогічні, загальнологічні та методи хімічного

дослідження [22]. У свою чергу серед групи методів хімічного дослідження виділяють 5 основних методів (рис. 1.1.)



Рис. 1.1. Методи хімічного дослідження.

Оскільки хімія, як наука не може існувати без проведення експериментальних досліджень, то при вивченні хімії у шкільному курсі не можемо уникнути використання специфічного методу навчання хімії, а саме: експерименту. Хімічний експеримент в принципі займає особливе місце серед методів навчання хімії, адже служить одночасно і методом і засобом навчання, але особливість експерименту полягає у тому, що саме цей метод (засіб) дозволяє здійснювати дослідницьку діяльність. У свою чергу хімічні експерименти умовно поділяють на дослідницькі та ілюстративні. Причому кожен різновид займає свою особливу нішу, а саме: дослідницький експеримент дає здобувачам освіти нові знання, а ілюстративний дозволяє підтверджувати певні висновки [22] (рис. 1.2.).



Рис. 1.2. Класифікація хімічного експерименту.

1.2. Види хімічних експериментів у шкільному курсі

Як відомо, для цілісного і коректного з точки зору педагогічної науки та психології здійснення процесу навчання на уроках у закладах загальної середньої освіти необхідно грамотно застосовувати методологічний апарат. У ході навчання, на уроках хімії та природознавства (курсу «Пізнаємо природу» чи курсу «Природничі науки») доцільним, зрозумілим і наочним є використання специфічного методу і засобу навчання хімії – хімічного експерименту, що водночас відіграє роль як джерела інформації, так і навчального методу, а також засобу навчання. Отже, хімічний експеримент на уроках хімії – це незамінний, універсальний і просто необхідний інструмент та компонент шкільного вивчення хімічної науки [56].

У практиці навчання хімії у ЗЗСО виділяють декілька різновидів хімічних експериментів:

- ✓ Демонстраційний експеримент;
- ✓ Лабораторні дослідження;
- ✓ Практичні роботи та практикуми;
- ✓ Домашній хімічний експеримент;
- ✓ Експериментальні задачі з хімії [22].

Кожний з різновидів хімічних експериментів несе важливу дидактичну нішу та виконує свої пізнавальні функції, а отже бере безпосередню участь у триєдиній меті освіти: навчанні, вихованні та, як наслідок, розвитку особистостей здобувачів освіти.

1.3. Актуальність домашнього хімічного експерименту

У цій роботі пропонується звернути особливу увагу саме на домашні хімічні експерименти, адже станом на зараз, у сучасному освітньому процесі є актуально використовувати цей метод і засіб навчання. Враховуючи основні проблеми у навчально-виховному процесі, пов'язані з пандемією коронавірусу COVID-19, а пізніше і з повномасштабним вторгненням російських окупаційних військ на територію України, з якими зіткнулися українські педагоги та учасники освітнього процесу, використання домашнього

експерименту на уроках хімії однозначно стане у нагоді і дозволить вирішити ряд проблем.

Враховавши фактичну неможливість проведення хімічного експерименту, як такого, у класичному розумінні, під час дистанційного (онлайн) навчання, можна частково замінити звичний хімічний експеримент на віртуальні симуляції, відео-демонстрації, а також на домашній експеримент – що, на мій погляд, є найкращим способом для здобувачів освіти відчувати переваги експериментальної науки – хімії, так би мовити, шляхом безпосереднього «дотику» до неї за допомогою проведення досліду вдома [56].

Як не дивно, проте у сучасних реаліях, домашній хімічний експеримент – може стати ключовим інструментом практичної і більше того, самостійної (умовно незалежної від контролю та до певної міри тиску вчителя) діяльності здобувачів освіти в умовах дистанційного (онлайн), а також гібридного (змішаного) навчання.

Крім того, необхідно зауважити той факт, що у більшості ЗЗСО, переважною більшістю вчителів хімії домашній експеримент, як метод у частих випадках є, на жаль, просто проігнорованим, через деякі упередження та стереотипи, що, власне, стосуються цього методу [56].

Насправді ж домашній хімічний експеримент викликає збільшення інтересу здобувачів освіти до наук природничого циклу, адже дозволяє їм перевести часто «нудну, незрозумілу, а отже нікому не потрібну» теорію у практичну площину, зробити експеримент власноруч, побачити результат досліду на власні очі у режимі реального часу, зробити логічні висновки. Більше того, саме домашній хімічний експеримент дозволяє здобувачам освіти відчувати власну відповідальність, а отже і більшу свободу (відсутність тиску і безпосереднього контролю діяльності з боку вчителя) у проведенні дослідів.

Домашній експеримент вчить учнів самостійно планувати проведення досліду, враховувати певні ризики при проведенні експерименту, розуміти відповідальність у дотриманні техніки безпеки при проведенні дослідів у домашніх умовах, розвиває спостережливість, вчить концентрувати увагу,

робити логічні висновки, аналізувати та оцінювати результати досліджень, формує фундамент критичного мислення [56].

Враховуючи вищенаведені факти є абсолютно зрозуміла доцільність, актуальність та необхідність використання цього методу в ході навчання хімії.

1.3. Означення домашнього хімічного експерименту

З точки зору педагогічної науки, домашній хімічний експеримент – це один з різновидів самостійної роботи здобувачів освіти, що виконується ними в домашніх умовах, за вказівкою вчителя, з обов'язковим дотриманням техніки безпеки [16].

Необхідно обов'язково зазначити, що домашній хімічний експеримент не повинен бути надто складним і громіздким, але має бути зрозумілим для учня, наочним, легким у виконанні, і щонайважливіше – безпечним! Стосовно обладнання та реактивів – вони в першу чергу мають бути безпечними, доступними, такими, що застосовуються у побуті (є практично у кожного вдома) і коштують не дорого [56].

Застосування домашнього експерименту дозволяє підвищити інтерес здобувачів освіти до вивчення навчального предмету, більшою мірою усвідомити значення хімії та хімічних процесів у життєдіяльності людини, використати набуті знання, вміння, навички, компетентності у практичній площині [15].

Як не дивно, використання домашнього хімічного експерименту потребує від вчителя високого професіоналізму та високого рівня педагогічної майстерності. При методично правильній організації домашнього експерименту на уроках хімії – здобувачі освіти виховують у собі свідому самодисципліну, розвивають творчу ініціативу, формують бережливе ставлення до природних ресурсів та усвідомлюють важливість дотримання техніки безпеки при проведенні такого виду робіт. Зміст того чи іншого домашнього експерименту повинен відповідати розділу або темі навчального заняття, а також характеру навчального матеріалу [17].

Перед організацією домашнього експерименту, пропонованого учням для самостійного виконання на уроках хімії, грамотний вчитель повинен спершу самостійно ознайомитися з методикою проведення, протестувати пропоновані досліди (для розуміння, з якими можливими труднощами можуть зіткнутися здобувачі освіти в ході експерименту), здійснити селективний відбір дослідів, за потреби скоригувати методику, шляхом внесення певних змін чи уточнень, тощо [56].

1.4. Домашні хімічні експерименти у навчальних програмах

У цій роботі варто акцентувати на тому факті, що домашній хімічний експеримент – це не нова модна тенденція, якою користуються виключно «просунуті» вчителі, що прагнуть постійного самовдосконалення і шукають все нові і нові способи зацікавити здобувачів освіти «надскладною, незрозумілою і не потрібною» хімією. Домашній хімічний експеримент – це метод і засіб, використання, якого у закладах загальної середньої освіти передбачено шкільною програмою [56].

Здійснивши якісний і глибокий аналіз змісту шкільних програм для учнів 7-9 (базова загальна середня освіта) та 10-11 (повна загальна середня освіта) класів варто зазначити деякі факти.

У 7 класі шкільною програмою з хімії передбачено домашній хімічний експеримент, на такі теми: «Взаємодія харчової соди із соком квашеної капусти, лимонною кислотою, кефіром» та «Очищення забрудненої води за допомогою власноруч виготовленого фільтру» [26].

Перший домашній експеримент дозволить здобувачам освіти краще осмислити хімічні явища, а другий експеримент стане цінним для життєвих потреб, адже цілком реально, що у житті може трапитися ситуація, коли потрібно буде очистити воду за допомогою засобів, що є у побуті або в природі. Зокрема очищення води саморобними фільтрами може стати у нагоді туристам, але зрештою в умовах війни такі знання, вміння та навички потрібні кожному!

У 8 класі шкільною програмою рівня стандарту затверджено домашній експеримент на тему: «Дія на сік буряка чи червоноголової капусти лимонного соку, оцту, розчину харчової соди, мильного розчину» [26]. Цей експеримент дозволить здобувачам освіти краще зрозуміти принцип роботи індикаторів, а також познайомитись з історією їх винайдення Робертом Бойлем – батьком хімії, який експериментував з рослинними екстрактами і виявив цікаву властивість зміни їх забарвлення в безпосередній залежності від рН середовища.

Оскільки, наприклад, у соці червоноголової капусти чи чаю каркаде, містяться природні сполуки-індикатори, так звані, антоціани (під час свого відкриття Бойль не знав про їх існування), які змінюють своє забарвлення при різному рН середовища. При додаванні до розчину такого домашнього індикатора лимонного соку чи оцту, що містять у складі кислоту відбувається зміна забарвлення розчину на червоний колір (у нейтральному середовищі – фіолетове забарвлення), а при додаванні соди, засобу для чищення труб чи будь-якого мийного засобу, що мають лужну реакцію – розчин індикатора набуває блакитного забарвлення.

Для здобувачів освіти 8 класу, що вивчають хімію курсом поглибленого вивчення передбачено ще один додатковий домашній хімічний експеримент на тему: «Взаємодія яєчної шкаралупи з оцтом» [26].

Для дев'ятикласників шкільною програмою рівня стандарт передбачено домашній хімічний експеримент на такі теми: «Виготовлення колоїдних розчинів (желе, кисіль тощо)», «Порівняння мийної дії мила та прального порошку вітчизняного виробника», «Виявлення крохмалю в різних харчових продуктах» [26].

Перший з вище наведених експериментів доцільно застосовувати при вивченні теми «Дисперсні системи» для кращого розуміння властивостей колоїдних розчинів. Останні два домашні хімічні експерименти мають важливе практичне значення, тому що дозволять учням застосовувати здобуті, на уроках хімії, знання, вміння, навички для перевірки в домашніх умовах

якості товарів хімічної промисловості (як побутової хімії чи косметичних засобів, так і продуктів харчування) [56].

Стосовно програми 9 класу з поглибленим вивченням хімії навчальною програмою, затвердженою Міністерством освіти і науки України, передбачена наявність додаткових домашніх хімічних експериментів такої тематики, а саме: «Вирощування кристалів», «Виявлення карбонат-іонів у мінеральній воді», «Вирощування «неорганічного саду», «Виявлення органічних сполук у харчових продуктах» [26].

Проаналізувавши зміст навчальних програм різних рівнів для 10-11 класів не було виявлено тематики домашніх хімічних експериментів. Отже, МОН України не передбачає навчальною програмою для учнів 10-11 класів проведення домашнього хімічного експерименту [25].

1.5. Прикладні аспекти фізичної хімії у шкільному курсі хімії

Теоретичні основи фізичної хімії, що стосуються змісту шкільного курсу хімії, відіграють визначальну роль у вирішенні навчально-виховних завдань затверджених Міністерством освіти і науки України у ЗЗСО. Можна сказати, що фізична хімія є такою наукою, що існує на межі класичної фізики та хімії, адже вирішує найважливіші проблеми сучасної хімії, спираючись при цьому на закони фізики.

Проаналізувавши вищесказане, дослідження питань, що стосуються фізичної хімії, у шкільному курсі частково дозволяє інтегрувати фізику та хімію і, тим самим, дозволяє формувати цілісний і повноцінний науково-природничий світогляд здобувачів базової та повної загальної середньої освіти. Безумовно, вивчення основ фізичної хімії на уроках можливе з використанням модних освітніх новинок та STEM-тенденцій, що викличе більший інтерес та зацікавленість у здобувачів освіти до наук природничого циклу та дозволить їм набути цілісного розуміння закономірностей та взаємозв'язків, що існують повсюди довкола нас [56].

Не зайвим буде зазначити основне коло питань фізичної хімії, як науки, адже базові і найпростіші питання цієї дисципліни зустрічаються у ЗЗСО на

уроках хімії та фізики у відповідних класах при вивченні відповідних тем. Основними напрямками досліджень у галузі фізичної хімії є: теорія хімічної будови речовини; хімічних зв'язок; хімічні реакції; механізми хімічних реакцій; кінетика і каталіз фізико-хімічних процесів; хімічна термодинаміка; фазові переходи і фазова рівновага хімічних систем; поверхневі явища; теорія розчинів; електрохімічні процеси; вплив фізичних чинників на хімічні процеси; фізико-хімічні методи аналізу, тощо [33].

При розгляді основних аспектів, які стосуються фізичної хімії шкільного курсу варто зосередити увагу в першу чергу на класах, у яких здобувачі освіти починають «знайомитися» з базовими поняттями та явищами цієї комплексної міждисциплінарної науки.

Вперше фізична хімія зустрічається у 9 класі на уроках хімії. Згідно із затвердженою Міністерством освіти програмою у 9 класі виділено першою темою – темою «Розчини». В першій темі учні розглядають різні дисперсні системи, колоїди та істинні розчини, вчать їх класифікувати та відрізняти. Також вони вивчають будову молекули води, суть і роль водневих зв'язків та головні закономірності між будовою та фізичними і хімічними властивостями води. Важливе значення має розгляд процесу розчинення як фізико-хімічного процесу, що дозволить здобувачам освіти з різних боків, комплексно оцінити суть цього явища і усвідомити його значення для науки і технології, а також життєдіяльності людини. Крім того, на прикладах водних розчинів основних класів неорганічних сполук розглядається базова теорія електролітичної дисоціації Сванте Арреніуса. Вводиться поняття рН розчину, особливим чином акцентуючи на значенні цього показника для оцінки якості харчової і не тільки продукції, а також його ролі у біологічних системах та біохімічних процесах [26].

Тема 2 шкільної програми 9 класу з хімії містить загальні відомості про хімічні реакції. Важливе значення має вивчення теплових ефектів хімічних реакцій, особливостей перебігу ендотермічних та екзотермічних реакцій, складання термохімічних рівнянь. Крім того, в цій темі розглядають також

поняття оборотності хімічної реакції: оборотні та необоротні хімічні процеси. І що найважливіше, саме у 9 класі здобувачі освіти починають вивчати фундаментальні аспекти кінетики. Вони дізнаються що таке швидкість хімічної реакції та за допомогою яких чинників і у який спосіб можна впливати на швидкість перебігу хімічних реакцій. Учні глибше знайомляться з поняттям «каталізатор та інгібітор» [26].

У змісті програми поглибленого вивчення хімії у 9 класі, варто зазначити, посилення системності та інтегративності теоретичних аспектів фізичної хімії, а також підвищення уваги до практичної площини хімії як науки в принципі. У цій програмі МОН України передбачає більшу кількість годин на більш глибоке за змістом осмислення навчального матеріалу. У порівнянні з рівнем стандарту передбачено більш деталізоване розкриття тем «Розчини» та «Електролітична дисоціація». Особливу увагу зосереджено на електрохімічних процесах, зокрема електролізі. Здобувачам освіти пропонується ознайомлення із законами Фарадея. Практична площина електрохімічної тематики розкривається вивченням гальванічного елемента, його будови, принципу роботи та способах застосування. Не менш важливим є розкриття значення процесу електролізу у житті людини (гальваностегія, гальванопластика, зокрема), способах застосування електролізу. Стосовно теми «Хімічні реакції та закономірності їх перебігу» варто зауважити значну деталізацію теми у порівнянні з курсом для рівня стандарту. Особлива увага звернена на базові закони фізхімії, а саме: закон Гесса, закон дії мас Гульдберга-Вааге, закон збереження енергії [56].

Важливим є формування у здобувачів освіти розуміння процесу перебігу хімічних реакцій, що досягається через поняття енергетичного порогу хімічної реакції, енергії активації та процес утворення та руйнування активованого комплексу. Велику роль відіграє тематика каталізу, при розгляді якої здобувачі освіти ознайомлюються з гомогенними та гетерогенними каталізаторами/інгібіторами та теорією проміжних сполук [26].

Необхідно зазначити, що до розгляду основних аспектів фізичної хімії, як було зазначено вище, учні 9 класу є значною мірою підготовлені через набуті знання на уроках фізики у 8 класі. Програма з фізики для 8 класу містить значну частину матеріалу, що потрібний для успішного формування ключових компетентностей (передбачено НУШ), що стосуються міждисциплінарної науки – фізичної хімії. У першому розділі програми з фізики для 8 класу «Теплові явища» міститься інформація про: температуру як фізичну величину; агрегатні стани та їх особливості; внутрішню енергію та її фізичний зміст; види теплообміну; кількість теплоти; різницю між кристалічними та аморфними тілами; процеси плавлення, кипіння, пароутворення, конденсації, тощо [56].

Правильний методологічний підхід при вивченні цих тем у ЗЗСО дозволить реалізувати гармонійний розвиток особистості здобувача освіти. Другий розділ «Електричні явища. Електричний струм» стане базовим для подальшого вивчення елементів фізичної хімії, наявних у шкільному курсі. Щодо змісту програми з фізики для 9 класу, то важливими для цілісного розуміння фізичної хімії стануть окремі підтеми таких основних розділів: «Світлові явища», «Електромагнітні хвилі», «Фізика атома та атомного ядра» [26].

Надзвичайно важливі фундаментальні основи фізичної хімії розкриваються у розділі 3 «Молекулярна фізика та термодинаміка» у програмі 10 класу з фізики. Розгляд основних положень Молекулярно-кінетичної теорії будови речовини дозволяють здобувачам освіти оволодіти очевидними і водночас таємничими характеристиками матерії. Здобувачі освіти ознайомлюються з моделлю ідеального газу, броунівським рухом, дифузією, ізопроцесами (ізотермічний, ізобарний, ізохорний, адіабатний), фазовою рівновагою та фазовими переходами. Не менш важливе значення для фізичної хімії мають такі теми курсу фізики 10 класу, як-от: будова рідини, явище поверхневого натягу, капілярні явища та їх роль у хімії та біології, будова твердих тіл (кристалічних та аморфних, різниця у будові між ними). Крім того,

основні знання з фізичної хімії учні засвоюють при осмисленні законів її величності – термодинаміки [24].

У 10 класі профільного рівня програми з хімії, здобувачі освіти мають змогу «познайомитися» з механізмами типових і найпростіших органічних реакцій та деякими основними фізико-хімічними методами аналізу, як-от: спектроскопія та хроматографія. Крім того, для розуміння властивостей хімічних органічних сполук пропонується ознайомлення з основами теорії будови речовини [25].

В 11 класі навчальний матеріал, що передбачений навчальною програмою з хімії за рівнем стандарту, містить основи фізичної хімії, подані в темі 3 «Хімічні реакції». В цій темі здобувачі освіти розглядають оборотні й необоротні хімічні процеси. Вводиться поняття хімічної рівноваги, чинники, що впливають на зміщення рівноваги, принцип Ле Шательє, константа рівноваги [25].

Для здобувачів освіти 11 класу навчальної програми профільного рівня передбачається більш глибоке оволодіння хімічними явищами, поняттями, законами і т. д. і т. п., що стосуються основних аспектів фізичної хімії. Зокрема у темі 2 «Розвиток наукових знань про хімічний зв'язок і будову речовини» пропонується ширше коло питань для кращого розуміння співвідношення у системі будова сполуки – фізико-хімічні властивості речовини [25].

У темі 3 «Хімічні реакції» програми 11 класу профільного рівня деталізовано концентрується увага на самій суті хімічних реакцій, наводиться їх класифікація. Особливо важливим моментом є те, що програма робить акцент на енергетиці хімічних реакцій. Здобувачі освіти вивчають поняття: енергія активації, внутрішня енергія речовини, ентальпія, тепловий ефект реакції, ендо- та екзотермічні процеси [56].

Не менш важливим є ознайомлення з механізмами реакцій, як-от: ланцюговими та йонними реакціями на конкретних прикладах. Стосовно кінетики, здобувачі освіти вивчають фактори, що впливають на перебіг хімічних процесів, розраховують швидкість реакцій, ознайомлюються з

поняттями гомогенних та гетерогенних реакцій. Крім того, у класах з поглибленим вивченням хімії здобувачі ознайомлюються із законом дії мас Гульдберга-Вааге, механізмом каталітичної дії, а також поняттями каталізатора та інгібітора хімічних реакцій. Невід'ємним складником теми 3 також є поняття хімічної рівноваги, її описові характеристики – константи рівноваги, принцип Ле Шательє та його значення у керуванні хімічними процесами [25].

Тема 4 «Дисперсні системи» профільного рівня програми для одинадцятикласників містить основні аспекти фізколоїдної хімії, що розкриваються у таких підтемах, як-от: загальне означення, класифікація, ознаки, властивості та види дисперсних систем; поняття про колоїдний розчин, колоїди, міцели, абсорбцію, коагуляцію; розпізнавання колоїдних систем за допомогою ефекту Тиндаля; істинні розчини; розчини електролітів, теорія електролітичної дисоціації, ступінь та константа дисоціації; дисоціація води, йонний добуток води [56].

Розкриття вищенаведених підтем дозволить формувати у здобувачів освіти більш повною мірою інтелектуальний світогляд, спираючись при цьому на загальновідомі закони логіки у науці.

Фізика 11 класу шкільного курсу передбачає акцент на темах «Електродинаміки», «Оптики», «Атомної та ядерної фізики», які в особливий спосіб дотичні до фізичної хімії [24].

На основі вищенаведеного огляду навчальних програм з хімії, можна зробити висновок, що шкільний курс хімії містить великий теоретичний масив даних з базових основ наук: фізичної хімії та органічної хімії.

Розділ 2

ДОСЛІДНИЦЬКО-ПОШУКОВА ДІЯЛЬНІСТЬ ШКОЛЯРІВ НА ПРИКЛАДІ «ХІМІЇ МОРОЗИВА»

2.1. Структура морозива

Як відомо, морозиво складається з таких ключових інгредієнтів, як-от: молоко, вершки, яйця (зазвичай використовують саме яєчні жовтки), цукор (мед або солодкий сироп, кукурудзяний сироп чи глюкозно-фруктозний сироп). Однак, просто заморозивши однорідну суміш цих інгредієнтів – все ж морозива не отримаєш!

Основні компоненти морозива:

- Перш за все, це – вода (у морозиві більша частина води – кристали льоду), а також жири та білки (ці три компоненти отримані з таких складників морозива, як вершки та молоко) – становлять основу цільового продукту.
- Далі йдуть – вуглеводи (цукор, сиропи на основі цукру (глюкозно-фруктозний сироп, кленовий сироп, кукурудзяний сироп і т.і.) або цукрозамінники),
- Повітря – безкоштовний, проте дуже важливий для формування мікроструктури, текстури та смакових якостей морозива.
- Різного роду харчові добавки (найважливіші з яких – це стабілізатори та емульгатори, що відповідають за структуру морозива, а також поліпшувачі смаку, ароматизатори, різні наповнювачі, регулятори кислотності (для фруктового морозива та солодких льодів), барвники).

У складі морозива є багато різних компонентів, причому деякі між собою не змішуються (такі, як-от: жир та вода), але тим не менше морозиво має приємну і кремову структуру і, при цьому, не розшаровується. Знаючи всі технологічні тонкощі та секрети, тобто особливості наукового аспекту філософії морозива з усіма фізико-хімічними деталями, гарантовано можемо досягти успіху у приготуванні якісного продукту. Адже саме наука є міцним

та надійним фундаментом у технології виробництва цільового продукту – морозива!

При розгляді морозива, з точки зору фізичної хімії визначаємо його як типовий колоїд, тобто це ультрамікрогетерогенна дисперсна система з розміром часток дисперсної фази, в межах від 10^{-7} до 10^{-9} м [5554]. Крім того, морозиво є полідисперсною системою, частинки дисперсної фази в якій мають різний розмір, що очевидно зі структури морозива (рис. 3.1) [55]. Оскільки, морозиво відноситься до колоїдних систем, то виникає проблема визначення його класифікаційної приналежності. З одного боку, морозиво – це емульсія (згідно типового визначення: емульсія – це дві рідини, що не розчиняються одна в одній), тобто така дисперсна система, що складається з взаємонерозчинних дисперсійного середовища та дисперсної фази.

У морозиві у дисперсійному середовищі рівномірно дисперговані рідкі часточки жиру – жирові глобули (термін жирові глобули є більш прийнятний у сфері технології виробництва морозива). Дисперсійне середовище, в свою чергу, більшою мірою складається з води і всієї суміші речовин, що в ній розчинена, а саме: солодкого сиропу, харчових добавок, льоду та повітря [10]. Крім того, морозиво – це яскравий приклад, так званої прямої емульсії або емульсії «олія у воді».

Якщо уважно розглянути мікроструктуру морозива, можна побачити, що вона – пориста (рис. 2.1). Саме повітря, що є одним з ключових компонентів морозива, відповідає за пористу структуру морозива. Наявність повітря вказує також на те, що морозиво – не тільки емульсія, але також згідно з класифікацією дисперсних систем – піна (за рахунок насичення повітрям дисперсна фаза – газоподібна). [56]

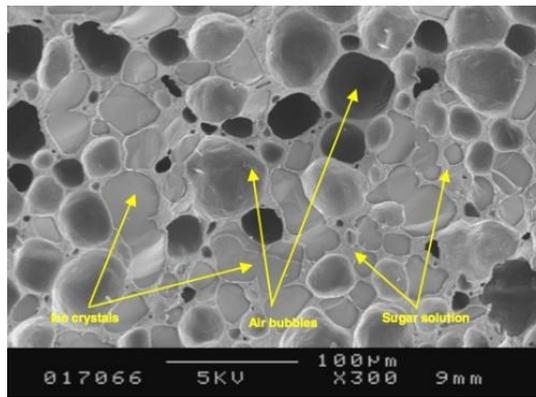


Рис. 2.1. Мікрофотографія структури морозива [4242].

Цікавим фактом, є те, що розмір діаметра типової повітряної кишені у морозиві складає приблизно 10^{-4} м або для наочності одну десяту міліметра (0,1 мм) [4]. Тому враховуючи вищесказане, можна зробити такий висновок: морозиво це одночасно і емульсія, і піна [56].

Не менш важливим є відсотковий склад компонентів морозива у його структурі адже досягнення правильної пропорції інгредієнтів – це велика частка успіху на шляху приготування морозива як вдома, так і в комерційних (промислових) цілях.

Класичним у структурі морозива вважається такий розподіл його компонентів за об'ємом:

- ~30% кристалів льоду;
- ~50% повітряних бульбашок;
- ~5% жирових глобул (з вершків);
- ~15% в'язкого розчину солодкого сиропу, що утримує все разом [11].

Також є інші варіації пропорції інгредієнтів, що визначаються технологічною картою виробництва (ДСТУ, ТУУ, тощо.). Наведемо ще один можливий варіант відсоткового розподілу інгредієнтів для рідкої основи морозива за об'ємом:

- 60% води (враховуючи воду в складі молока та вершків);
- 15% солодкого сиропу;
- ~10% знежиреного молока;
- ~10-20% молочних жирів.

Причому існує тенденція – чим вищий вміст жиру – тим більш кремова буде одержана текстура, тим смачнішим буде морозиво і, відповідно, тим вищою буде його ціна. Хоча тут, вочевидь, варто пам'ятати і про показники калорійності морозива і залишати їх в оптимальному значенні. Мікроструктура морозива зображена на рис. 2.2.

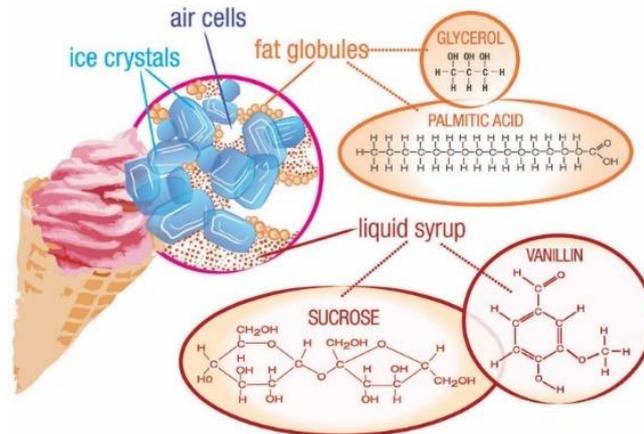


Рис. 2.2. Мікроструктура морозива [494949].

2.2. Основні компоненти морозива

2.2.1. Роль повітря у морозиві

Повітря – це один з головних компонентів морозива, якого за відсотковим об'ємом є найбільше і який не маркують на пакуванні. Зазвичай вміст повітря переважно становить від 30% до 50% від загального об'єму морозива.

Попри те, що це, безумовно, найдешевший інгредієнт десерту (по-суті безкоштовний), виробникам вигідно його додавати не лише з метою збільшення об'єму продукції задля економічної вигоди, тобто: «більше наситимо морозиво безкоштовним повітрям – зможемо продати більшу кількість холодних десертів». Роль повітря у морозиві набагато суттєвіша, ніж здається на перший погляд. Справа полягає в тому, що повітря надає десерту м'якості і легкості, і, крім того, також дозволяє дещо знизити показник його калорійність. Хіміко-технологічний термін, який характеризує об'єм повітря у морозиві називається перевитратою [4].

Розгляньмо приклад для кращого розуміння цього терміну: при збільшенні об'єму морозива вдвічі – перевитрата становитиме 100%, що,

власне, і є максимально допустимою (верхньою) межею для комерційного морозива.[4]

Для унаочнення ролі повітря у морозиві можна провести невеликий експеримент для школярів. Для досліду потрібно взяти велику коробку морозива та залишити її на столі, щоб десерт розтанув. Спостерігається, що об'єм морозива просто зменшиться (рис. 2.3.)



Рис. 2.3. Морозиво з різним вмістом повітря у складі (об'ємом) [45].

Звідси також впливає той факт, що морозиво з великою кількістю повітря у своєму складі буде менш стабільним за умов температурних коливань і буде танути набагато швидше, ніж морозиво з меншим вмістом повітря [4].

2.2.2. Роль кристалів льоду у морозиві

Ще одним, і, напевно, найважливішим складником морозива є кристали льоду, що відіграють ключове значення для формування його цілісної мікроструктури. Оскільки, мова йде про заморожений десерт, то варто звернути увагу на наукове пояснення процесу замерзання.

Перше, що треба зауважити, це те, що на органолептичні показники, насамперед смак морозива, буде безпосередньо впливати розмір кристалів льоду. Розмір кристалів визначає, так звану, зернистість (іноді «пісочність») десерту. Таким чином, виробники повинні зважати не лише на сам процес заморожування, але також і на розмір кристалів, що при цьому утворюються, адже вони повинні мати якомога менший розмір. З курсу фізичної хімії відомо,

що на розміри кристалів льоду впливатимуть три процеси, а саме: зародження, ріст та перекристалізація [56].

На стадії зародження та росту кристалів морозива маленький розмір кристалів льоду досягається самою технологією приготування морозива в промислових масштабах. Сучасні заводи використовують рідкий аміак для отримання низького температурного діапазону у чанах з сумішшю для морозива, потрібного для швидкого досягнення заморожування майбутнього десерту. Чим нижча температура холодоагенту – тим швидше відбувається процес приготування морозива [56].

Замість рідкого амоніаку можна використовувати суміш: лід+ сіль. Така суміш добре підходить для домашніх експериментів, але не зовсім для промислових масштабів з причин нижчої ефективності. Зазвичай стінки посудини (охолодження за допомогою рідкого амоніаку), у яку подають рідке морозиво для замерзання, мають температуру близько -30°C , що дозволяє кристалам льоду утворюватися дуже швидко. Варто окремо виділити методику заморожування морозива рідким азотом (температура близько -200°C). За таких умов інгредієнти замерзають максимально швидко, утворюючи крихітні кристали льоду, що відповідають за гладку текстуру і ніжний смак морозива. Також такий спосіб виглядає дуже ефектно і привабливо на різних кулінарних майстер-класах з приготування морозива [8].

Оскільки, у промислових масштабах морозиво виготовляють у великих бочках з обертовими скребками, то це дозволяє виробнику контролювати процес росту кристалів [8]. Дрібні кристали, які швидко утворюються, не встигають рости через швидке перемішування вмісту бочки. Таким чином, кристали льоду постійно ламаються на дрібні частини, адже апарат постійно перемішує морозиво, і вони просто не встигають рости. Постійне перемішування не лише дозволяє контролювати розмір кристалів льоду (запобігання росту через постійні механічні пошкодження кристалів), але також сприяє рівномірному розподілу кристалів у суміші. Все це впливає на

смак і зернистість морозива. Також інтенсивне і постійне перемішування дозволяє наситити десерт повітрям і досягти ніжної кремової текстури [56].

Якщо процеси зародження і росту кристалів льоду у морозиві є контрольованими і ними легко можна керувати у процесі приготування, то з процесом перекристалізації не все так просто і однозначно. Адже саме процес перекристалізації є основним винуватцем того, що кристали льоду укрупнюються, відповідно збільшується зернистість, і морозиво стає неприємним на смак через появу «пісочної текстури» [9].

По-перше, збільшення розмірів кристалів самочинно відбувається під час зберігання морозива. Якщо залишити морозиво у морозильній камері на доволі довгий період часу, то з дуже високою ймовірністю воно стане зернистим («пісочним»). Температура у морозильній камері не є постійна, адже час від часу відбуваються температурні коливання. Як не дивно, але навіть незначні температурні зміни в малому діапазоні доволі серйозно впливають на стан кристалів льоду у морозиві, сприяючи їх росту, а отже і появі небажаної зернистості. Багаторазове розморожування-заморожування морозива призводить до появи грубої і небажаної текстури [11]. Вся причина цих негативних наслідків у явищі перекристалізації. Частково запобігають цьому явищу додані у морозиво речовини-стабілізатори [56].

2.2.3. Стабілізатори

З метою інгібування (зниження швидкості) росту кристалів виробники додають у свою продукцію речовини-стабілізатори. Саме стабілізатори допомагають запобігти перекристалізації, адже вони не дають молекулам води в сироватці рухатись разом та утворювати кристали [11]. Їх дія схожа на дію губки, тобто вони водночас і вбирають, і знерухомлюють рідину в морозиві [10].

Для виробництва домашнього морозива зручними у використанні та поширеними є такі стабілізатори, а саме: яечний білок [4], желатин (білок тваринного походження, що одержаний з кісток і хрящів, наприклад шляхом виварювання)[10], крохмаль (рослинний полісахарид)[10], агар-агар (суміш

полісахаридів морських водоростей, популярний стабілізатор у кондитерському мистецтві) тощо. [56]

Щодо умов промислового виробництва, то найпопулярнішими стабілізаторами є, так звані, камеді: гуарова камедь (одержують з гуарового куща), ксантанова камедь, гелланова камедь, камедь рожкового дерева. [10],[11]. Також популярними є стабілізатори, отримані з водоростей: каррагінан (отримують з червоних водоростей) та натрій альгінат (отримують з зелених водоростей) [4]. Крім того, у промисловому масштабі з метою більшої ефективності дії часто додають не один стабілізатор, а готову суміш стабілізаторів [10].

Науковці, хіміки-технологи постійно працюють над розробкою все нових і більш ефективних стабілізаторів. Яскравим прикладом речовин, що допомагають морозиву зберігати форму та стабілізують його структуру у процесі танення є поліфеноли, які одержують з полуниці. Ще одним технологічним ноу-хау є використання целюлозних нановолокон з бананових рослин. Це суттєво продовжує термін зберігання готового продукту, а також пригнічує процес танення [11].

Цікавими є дослідження університету Теннессі щодо нанокристалів целюлози, як інгібіторів процесу перекристалізації. Вчені встановили, що нанокристали целюлози є ефективнішими стабілізаторами у порівнянні із застосуванням вже класичної для рецептури морозива камеді. Перспективною для виробників морозива є можливість використання нанокристалів целюлози з метою інгібування процесу рекристалізації, а отже запобіганню появі небажаної зернистості («пісочності») морозива [3].

Крім основного завдання, тобто обмеження процесів росту кристаликів льоду, стабілізатори виконують ще цілий ряд функцій: впливають на підвищення в'язкості рідкої фази морозива, допомагають знизити швидкість процесу танення морозива, а також надають морозиву гладкішу текстуру [8].

2.2.4. Цукор, сиропи та підсолоджувачі

Оскільки морозиво – це молоковмісний продукт, а молоко природньо містить вуглевод – лактозу (рис. 2.4.), то деяка її кількість є присутня у морозиві. Як відомо, лактоза – це типовий дисахарид, що складається з залишків молекул глюкози і галактози. Лактоза – це так званий молочний цукор. Але за показниками солодкості лактоза – далеко не лідер, і для того щоб морозиво було смачним і солодким виробники повинні додавати до нього цукор або його аналоги. Для порівняння солодкість лактози становить 20-30% від солодкості сахарози [5].

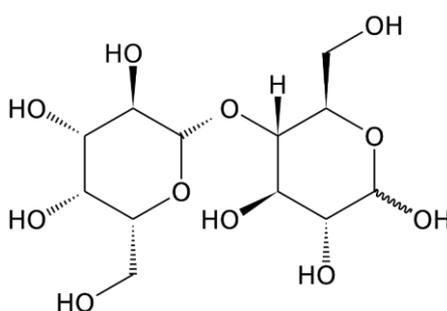


Рис. 2.4. Структурна формула лактози [38].

Крім того, виробники морозива повинні додавати значні порції цукру, щоб морозиво було приємним і солодким на смак. Причина високого вмісту цукру чи цукрозамінника у морозиві полягає в тому, що морозиво – це холодний десерт, а холод, як відомо, пригнічує смакові рецептори, шляхом знижування при цьому їх чутливості. Саме тому виробникам потрібно додати значно більше цукру, щоб отримати бажану солодкість при низькій температурі подачі десерту (адже споживати будуть морозиво охолоджене, а не те, яке розтануло). Якщо скуштувати морозиво при кімнатній температурі, то виявиться, що воно надмірно солодке на смак [4].

При виготовленні морозива застосовують наступні підсолоджувачі: цукор (сахароза) (рис. 2.5), сироп глюкози, інвертний сироп, глюкозно-фруктозний сироп, кукурудзяний сироп (використання цього сиропу дуже популярне за рахунок дешевої ціни), мед, кленовий сироп, фруктозу, різні цукрозамінники (аспартам, сахарин, ацесульфам К, сорбіт), тощо.

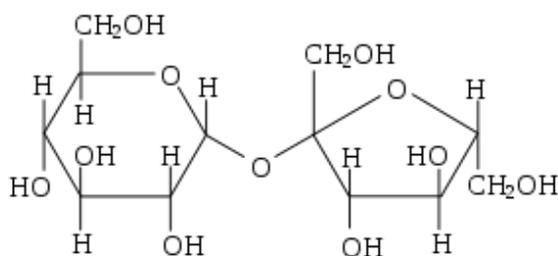


Рис. 2.5. Структурна формула сахарози [46].

Варто зазначити, що підсолоджувачі відіграють у морозиві значно більшу роль, ніж просто надання солодкого смаку продукту, за який його так люблять дорослі та діти. Підсолоджувачі безпосередньо впливають на мікроструктуру морозива, адже регулюють в'язкість рідкого сиропу, в якому рівномірно розподілені жирові глобули, кристали льоду та повітряні бульбашки [8].

Крім того, цукри в морозиві сприяють процесу депресії точки замерзання. Це явище безпосередньо витікає із добре відомого у фізичній хімії закону Рауля. Як відомо, однією з колігативних властивостей (залежать від кількості частинок, але не залежать від природи) розчинів є зниження температури замерзання (кристалізації), що прямо пропорційне моляльній концентрації [4, 10].

Таким чином, під час додавання цукру до морозива відбувається зниження температури замерзання розчину (у порівнянні з температурою замерзання розчинника). Зниження температури замерзання на 1,86°C відбувається для кожного моля розчиненої речовини, доданого до 1 кілограма води. Типова партія морозива замерзає за температури близько -3°C , через різні речовини, що входять до складу морозива [4]. За рахунок цього зменшується кількість льоду, що утворюється в процесі заморожування. Враховуючи це явище, виробник може корегувати твердість морозива, адже м'яке морозиво містить менше льоду [8].

2.2.5. Жири

Наступним важливим і фактично незамінним компонентом морозива є жир. Вплив жиру на мікроструктуру морозива зазначено на рис. 2.6.

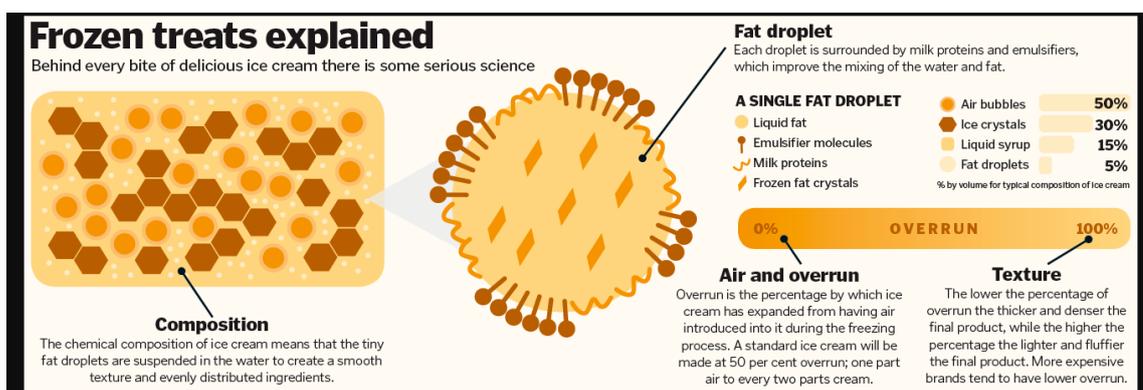


Рис. 2.6. Структура жирових глобул у морозиві [4848].

У морозиві жирові глобули мають вершкову природу, тобто є молочними жирами (жири входять до складу основи морозива – молока та вершків). Жири – естери гліцеролу та одноосновних жирних (аліфатичних) кислот [29].

В основному в морозиві містяться молекули тригліцеридів (триацилгліцеринів (ТАГ)). Крім тригліцеридів, у морозиві у невеликих кількостях (менше 2%) містяться фосфоліпіди та дигліцериди [8].

Дуже важливим аспектом для технології виробництва морозива є врахування значення діапазону температур, при яких плавиться той чи інший жир у складі морозива. Якщо жир плавиться при дуже високих температурах – це має негативний вплив на смакові властивості морозива у тому аспекті, що у роті створюється неприємне відчуття воску на піднебінні. У протилежному випадку, тобто коли жир плавиться при надто низьких температурних діапазонах – з'являється інша проблема – морозиво стає важко стабілізувати [56].

Варто зазначити, що молочний жир знаходиться у потрібному температурному діапазоні і є «золотою серединою» серед жирів, які можна використати для приготування морозива [8]. Тому якщо використовувати якісне молоко та вершки для приготування морозива і не намагатися замінити молочний жир на інший жир – то вищезгаданих проблем можна з легкістю уникнути [56].

Класичне морозиво повинне містити близько 10% жиру [11]. Дороге морозиво преміум-класу може мати до 20% жирності, що й надає йому

неперевершеної оксамитової насиченої текстури. Морозиво зі зниженим вмістом жиру не характеризується такими смаковими властивостями і не має кремової текстури [4].

2.2.6. Емульгатори

Оскільки, морозиво – емульсія, то доцільно звернути особливу увагу на емульгатори та їх роль у морозиві.

З визначення випливає, що емульгатором є речовина, що дозволяє «змішати незмішувані речовини», тобто стабілізувати емульсії. Якщо розглянути молоко, яке є класичним прикладом емульсії, то можна помітити, що кожна крапля жиру, яка диспергована у воді, покрита тонким шаром білків молока (зокрема казеїну). Цей шар молочних білків перешкоджає безпосередній взаємодії крапель жиру між собою та запобігає, науковою мовою, явищу коалесценції, тобто злипанню часток дисперсної фази і, тим самим, розшаруванню суміші (процесу дестабілізації емульсії) [56].

З практичних спостережень відомо, що молоко досить стабільна дисперсна система. Причина цього в тому, що молочні білки діють як емульгатори (тобто, як речовини, що здатні стабілізувати емульсії, у цьому випадку: дозволяють краплям жиру залишатися диспергованими).

Білки молока можуть діяти як емульгатори за рахунок своєї амфіфільної (подвійної – водночас і гідрофобної, і гідрофільної) природи, адже їх молекули мають полярну і неполярну сторону. Саме тому вони здатні впорядкованим і строго визначеним чином орієнтуватися у просторі: гідрофобним хвостом до жиру (ліпофільної (неполярної) речовини) та полярною головкою (гідрофільною частиною) до розчинника – води. Спрацьовує загальновідоме емпіричне правило: «подібне розчиняється в подібному» [56].

Такий механізм дії емульгатора добре підходить для молока, але не зовсім підходить для морозива. У морозиві краплі жиру, навпаки повинні частково зливатися, для того щоб ефективно затримувати повітря і утворювати повітряні кишеньки, які відповідають за пористу та кремову текстуру морозива.

Тому виробники повинні додавати ще один емульгатор, щоб отримати зливання (коалесценцію) жирових глобул (дестабілізувати базову молочну емульсію). Такий емульгатор діє за механізмом заміни молочних білків на поверхні крапель жиру, таким чином створюючи тоншу мембрану, яка з більшою ймовірністю буде злипатися при збиванні суміші з подальшим охолодженням [8].

Найпоширенішим емульгатором є лецитин (фосфатидилхолін), що міститься в яєчних жовтках. Такий емульгатор з легкістю можна застосовувати у виробництві домашнього морозива (просто додати яєчний жовток у суміш інгредієнтів для морозива). У комерційному виробництві прийнято використовувати моногліцериди та дигліцериди різної структури, які маркують як харчову добавку E 471. Ще одним популярним емульгатором є, так званий, полісорбат 80, який синтезують із сорбіту [10].

2.2.7. Ароматизатори

Ще одними речовинами, які відіграють важливу роль у морозиві є ароматизатори. Найпоширенішим і найвідомішим ароматизатором є ванілін або хімічною мовою за номенклатурою IUPAC – 3-метокси-4-гідроксибензальдегід. У природі ванілін міститься в стручках орхідейних рослин *Vanilla planifolia* та *Vanilla tabitensis* (рис. 2.7) [13].

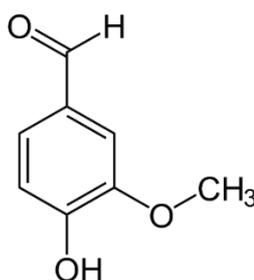


Рис. 2.7. Структурна формула ваніліну [36**Error! Reference source not found.**].

Ще одним популярним і цікавим ароматизатором є скатол – 3-метиліндол. Цікавим фактом щодо цієї сполуки є те, що ця сполука міститься у калі і у великих концентраціях має дуже неприємний запах. Проте «магія хімії» має місце за низьких концентрацій, адже тоді скатол має молочний

запах, а при дуже великому розведенні – приємний квітковий аромат (рис. 2.8) [31]. Через такі властивості він застосовується у парфумерній та харчовій промисловості, зокрема і у якості ароматизатора при виробництві морозива.

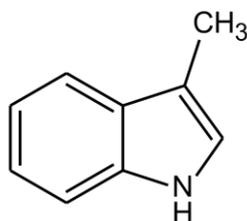


Рис. 2.8. Структурна формула скатолу [47].

2.3. Види морозива

Сучасний світ через високий рівень науково-технічного розвитку, який щодня зростає шаленими темпами і постійні запити споживачів виробляє шалені тоннажі морозива та різноманітних холодних десертів на його основі. Основні види морозива (рис. 2.9.) [4], [3737]:



Рис. 2.9. Види морозива. [37]

- ✓ Класичне морозиво – містить у складі більше вершків, ніж молока. Відрізняється високим вмістом жиру (10-20%).
- ✓ Щербет – це холодний десерт, що схожий на морозиво, який складається з невеликої кількості молока та великої частки фруктового пюре. Вміст жиру у щербеті близько 1%. Таким чином, цей холодний десерт вирізняється нижчою калорійністю.
- ✓ Сорбет – холодний десерт на основі фруктового пюре, що не містить молочних продуктів. Вміст жиру в сорбеті – 0%. За рахунок цього сорбет низькокалорійний, проте є деякі технологічні труднощі у його стабілізації при процесі приготування.

- ✓ Заморожений йогурт – десерт, схожий на морозиво, що стрімко набуває популярності серед прихильників низькокалорійних дієт, адже у замороженому йогурті знижений вміст жиру (близько 0,5-3%) у порівнянні зі звичайним морозивом.
- ✓ Семіфредо – класичний вишуканий холодний (заморожений) десерт італійської кухні, що є по суті замороженою сумішшю жирних вершків та яєць. Вирізняється розмаїттям подачі: з різними соусами, фруктами, ягодами, шоколадом, горіхами.
- ✓ Морозиво «м'якої подачі» (soft serve) – морозиво, що містить менше молочного жиру (від 3% до 10%), тому воно є легшим та ніжнішим. Його подають за нижчої, ніж звично температури, завдяки чому воно дуже м'яке та більш кремове за текстурою.
- ✓ Джелато – класичний італійський холодний десерт, що містить більше молока, ніж вершків за складом, внаслідок чого містить менше молочних жирів (3-8%) у порівнянні з класичним пломбіром, а отже є менш калорійним.
- ✓ Афогато – ще один цікавий десерт італійської кухні, що являє собою порцію ванільного морозива «втоплену» у гарячому еспресо. Можливі різні рецепти цього десерту: з використанням шоколаду, солодкого лікеру, горіхового морозива, тощо.
- ✓ Нано-морозиво (Dippin' Dots) (рис. 2.10) – гранульоване морозиво, яке одержують шляхом криогенного заморожування суміші для морозива (-70 °С з використанням рідкого азоту). Таке морозиво не зустрічається у звичайних супермаркетах, через те, що потребує спеціальних умов зберігання (дуже низької температури).



Рис. 2.10. Нано-морозиво. [43]

3.4. Методика приготування морозива в домашніх умовах

Для реалізації практичної частини проєкту під назвою «Хімія морозива» пропонується приготувати, популярне в Америці, «морозиво у пакеті» ('ice-cream in bags'). Такий вид діяльності точно сподобається учням, адже містить практичний аспект виконання завдання, експериментальну частину, носить прикладний характер щодо застосування знань з фізики та хімії, а також тому що це цікаво, весело та смачно!

Такий підхід у приготуванні холодного і смачного літнього десерту має в своїй основі наукове підґрунтя. Крім того, така методика є доволі простою і з нею з легкістю може впоратися навіть учень початкової школи. Тому готувати морозиво можна не лише на уроках хімії чи інтегрованого курсу «Природничі науки» у старших класах, але й на уроках курсу «Пізнаємо природу» з молодшою віковою категорією здобувачів освіти. Додатково варто наголосити, що реалізувати такі проєкти можна під час різних святкових подій в галузі природничих наук, наприклад: на День хіміка, на День науки, на шкільному тижні хімії, на День морозива, у якості STEAM-проєктів, під час літніх таборів у ЗЗСО, на хімічних гуртках, на факультативах з хімії, на хімічних пікніках, тощо [56].

Для приготування морозива у пакетику потрібні наступні інгредієнти у такій пропорції:

- ✓ 0,5 склянки збитих вершків;
- ✓ 1 ст. л білого кристалічного цукру (за бажанням можна використати коричневий цукор, який дасть десерту карамельну нотку);
- ✓ 0,5 ч. л. ванільної пасти (замість ванільної пасти можна використовувати ароматизатор ванілін, ванільний цукор, ванільний екстракт або стручки ванілі);
- ✓ 1/3 склянки крупної солі;
- ✓ кубики льоду;

- ✓ можна до смаку додавати какао, шоколад, фрукти, печиво... все що подобається, щоб було цікаво, весело та смачно.

Обладнання:

- ✓ Ложки.
- ✓ Склянки.
- ✓ Zip-lock пакети різного розміру (2 шт.)
- ✓ Ступка з товкачиком або електричний кухонний подрібнювач для подрібнення льоду [56].

Важливо зазначити, що пропорції інгредієнтів для морозива можуть трохи відрізнятись в різних рецептах. Часом кулінари для приготування морозива використовують не вершки, а суміш вершків та молока у співвідношенні 1:1. Зрештою, можна і зовсім не використовувати вершки і повністю замінити їх на молоко і, таким чином, в результаті приготування теж вийде морозиво, лише не таке кремове за текстурою, проте менш калорійне [56].

Науково-популярний природничий журнал для дітей «Колосок», наприклад пропонує свою пропорцію інгредієнтів та обладнання для приготування морозива, а саме [2121]:

- ✓ 2 ст. л. какао,
- ✓ 1 ст. л. цукру,
- ✓ 4 ст. л. молока,
- ✓ 2 ст. л. вершків,
- ✓ 2 пластикові посудини з кришкою (одна значно більша за іншу),
- ✓ лід,
- ✓ сіль,
- ✓ клейка стрічка,
- ✓ рушник,
- ✓ за бажанням можна додати шоколад, печиво, горіхи, фрукти...

Як не дивно, але сама методика приготування морозива у журналі мало відрізняється від популярної в Америці методики 'ice-cream in bags'.

Процес приготування морозива доцільно розділити на окремі кроки для зручності. Таким чином, буде легше спланувати хід роботи.

1. У менший zip-lock пакет (або меншу посудину за методикою згідно з дитячим природничо-математичним журналом «Колосок») додають вершки (чим більш жирні – тим смачніше і кремовіше морозиво одержують на виході), молоко, цукор (або його замітник), ваніль у відповідній пропорції.
2. Ретельно перемішують додані інгредієнти у пакеті (посудині), щоб суміш стала однорідною, а цукор повністю розчинився. При цьому важливо, щоб пакет був щільно закритим і без механічних ушкоджень, щоб його вміст не розливався.
3. У ступці або електричному подрібнювачі подрібнюють кубики льоду на дрібні кристали.
4. Подрібнений лід переносять до zip-lock пакету (у посудину) більшого розміру. До льоду додають сіль і ретельно перемішують. Це роблять для кращого охолодження.
5. Менший zip-lock пакет з готовою сумішшю для морозива переносять у більший zip-lock пакет з льодом. Щільно закривають більший пакет, щоб майбутнє морозиво не витекло і не стало соленим!!!
6. Далі необхідно інтенсивно струшувати пакети протягом 5-10 хв для замерзання морозива і контролю розміру кристалів льоду (чим менші кристали – тим ніжніше морозиво на смак!).
7. Після того як морозиво замерзло необхідно дістати менший пакет, швидко і ретельно промити його холодною водою, щоб змити сіль. Сіль за жодних обставин не має потрапити до пакету з десертом, щоб морозиво не стало солоним! Після цього можна діставати готовий десерт з меншого пакету і смакувати морозиво, що приготоване власноруч у домашніх умовах [2]. За бажанням можна додати шоколад, фрукти, родзинки, солодкі посипки, кранчі, топінг, карамель або все одразу, це залежить від смакових вподобань.

Науковий підхід до приготування морозива у пакетиках проявляється у декількох аспектах. По-перше, необхідно звернути увагу на охолоджувальну суміші для приготування морозива. В домашніх умовах вона складається з льоду та кухонної солі [56].

Ключовим інгредієнтом є саме кухонна сіль (натрій хлорид). Важливо щоб сіль була крупнозерниста, але якщо такої немає, то підійде будь-яка. Натрій хлорид знижує температуру плавлення суміші такої охолоджувальної системи в порівнянні з чистим льодом (колігативні властивості розчинів, наслідок із закону Рауля). Таким чином, відбувається ефективне охолодження суміші морозива. На швидкість замерзання впливає також розмір кубиків льоду – чим дрібніші кристали льоду, тим краще відбувається процес охолодження [1].

По-друге, важливим аспектом у приготуванні домашнього морозива є інтенсивне і постійне струшування пакетів протягом 5-10 хв. З одного боку, струшування дозволяє рівномірно перемішувати морозиво, добре охолоджувати морозиво у всьому об'ємі, а також до певної міри контролювати розмір кристалів, при цьому дещо зменшувати їх. З іншої сторони струшування дозволяє наситити морозиво повітрям і, таким чином, в результаті отримати ніжне морозиво приємної кремової текстури [1].

Використовуючи методику приготування морозива в домашніх умовах 'ice-cream in bags' було проведено хімічний експеримент з приготування морозива у домашніх умовах [56].

Результати домашнього експерименту з приготування морозива подано у формі покрокової інструкції та за допомогою фото-звіту (рис. 2.11.-2.15.).



Рис. 2.11. Крок перший «Інгредієнти + необхідні девайси» [56].



Рис. 2.12. Крок другий «Підготовка охолоджувальної суміші: лід + сіль» [56].



Рис. 3.13. Крок третій «Приготування суміші для морозива» [56].



Рис. 3.14. Крок четвертий «Хід роботи. Заморожування + збивання» [56].



Рис. 3.15. Крок п'ятий «Результат» [56].

У роботі було проведено анкетування (Google form) «Морозиво». В опитуванні взяли участь студенти ОР бакалавр Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника та Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, а також учні ліцею ім. Миколи Сабата та ліцею №10 Івано-Франківської міської ради. Запитання, що були подані в анкетуванні розміщені у додатку А. Результати опитування приведені на рис. 2.16-2.22.

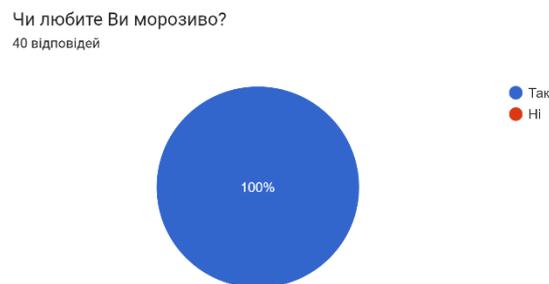


Рис. 2.16. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Чи любите Ви морозиво?».



Рис. 2.17. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Наскільки сильно Ви любите морозиво?».

Як видно з рис. 2.16. – всі опитувані люблять смакувати цей холодний десерт. Переважна більшість респондентів справді обожають морозиво (рис. 2.17.), про що свідчать наступні дані: більше 50% опитаних дали високу оцінку значенню цього солодкого десерту у їхньому харчовому раціоні.



Рис. 2.18. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Який різновид морозива Вам смакує найбільше?».

Фаворитами респондентів виявились такі різновиди морозива (рис. 2.18.): з солоною карамеллю – перевагу надали 47,5% опитаних (абсолютний лідер смаків), класичний пломбір – 40%, фісташкове – 40%, шоколадне – 37,5%, ванільне – 22,5%. Проаналізувавши дані, робимо висновок, що більшість респондентів надають перевагу класичним смакам морозива.

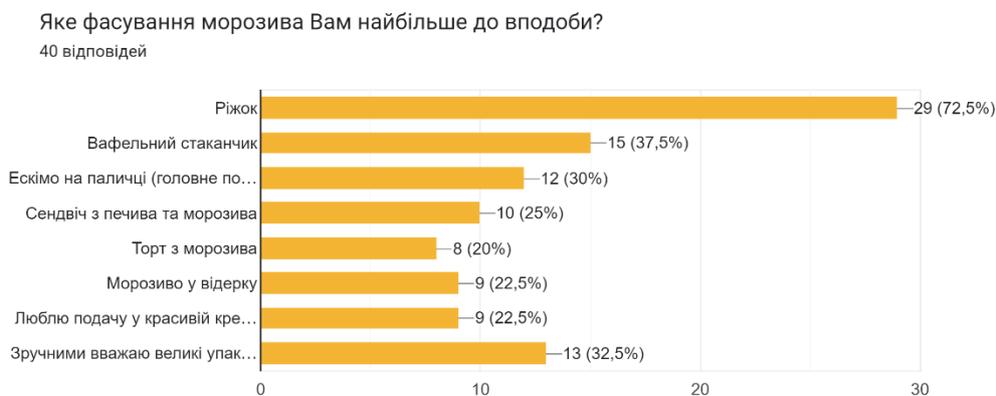


Рис. 2.19. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Яке фасування морозива Вам найбільше до вподоби?».

Абсолютним лідером симпатій респондентів є хрусткий ріжок (72,5% опитаних обрали саме це фасування). Також до вподоби вафельний стаканчик (37,5%) та великі упаковки для компаній (32,5%).

Де Ви переважно смакуєте морозиво?
40 відповідей

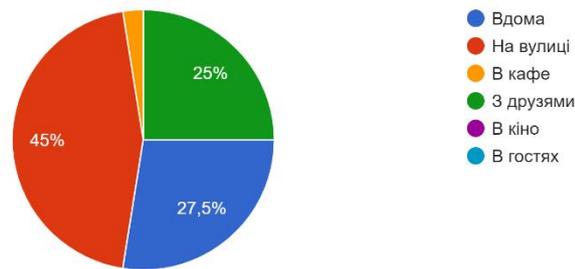


Рис. 2.20. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Де Ви переважно смакуєте морозиво?».

Абсолютна більшість респондентів надає перевагу споживанню холодного десерту на вулиці (45%), 27,5% опитаних смакують морозиво у гостях, 25% – у компанії друзів. (рис. 2.20).

Як Ви вважаєте, морозиво - корисне для здоров'я?
40 відповідей

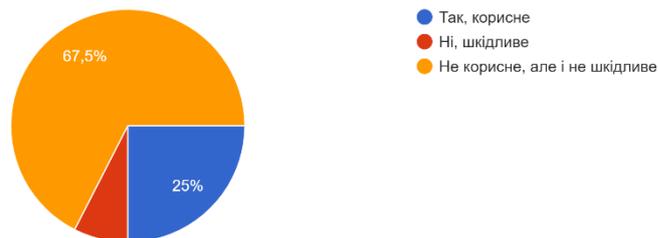


Рис. 2.21. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Як Ви вважаєте, морозиво – корисне для здоров'я?».

Аналізуючи дані рис. 2.21. приходимо до висновку, що більшість опитаних вважають морозиво безпечним для здоров'я продуктом (67,5% – не корисне, але і не шкідливе, 25% – корисне), і лише незначна частка респондентів вважає морозиво шкідливим продуктом. Як не дивно, але обидві позиції містять раціональне зерно. Морозиво – корисне для здоров'я, якщо виготовлене з якісних продуктів, адже містить молочні білки, молочні жири, кальцій, фосфор, вітаміни, і т. д. Морозиво шкідливе – якщо споживати неякісний продукт – протерміноване морозиво (або морозиво, яке зазнало

порушення умов його зберігання) чи морозиво, що містить надмірну кількість харчових добавок. Також шкоду принесе надмірне споживання морозива.

Чи доводилось Вам пробувати морозиво зернистої структури (пісочне на смак морозиво)?
40 відповідей

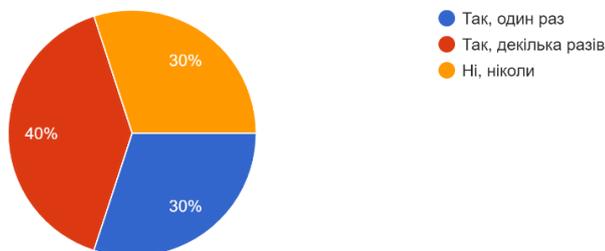


Рис. 2.22. Результати анкетування. Відповідь на запитання «Чи доводилось Вам пробувати «пісочне» морозиво?».

На жаль, одержані результати, свідчать про актуальність проблеми зернистого («пісочного») морозива, оскільки 40% респондентів декілька раз куштували таке морозиво, 30% опитаних - доводилось пробувати таке морозиво один раз. (рис. 2.22.) Таким чином, нові наукові дослідження і пошук більш ефективних стабілізаторів є важливим і актуальним процесом для вирішення проблеми зернистої структури морозива.

Одним з цікавих варіантів для закріплення знань здобувачів загальної середньої освіти з курсу хімії може стати розробка постерів/плакатів на тематику технологічних процесів виготовлення різноманітних харчових продуктів (рис. 2.23.).

Така тематика приховує в собі надзвичайно велику кількість цікавих та прикладних аспектів фізичної та органічної хімії шкільного курсу. Крім того, це дозволить школярам дещо «іншими очима» поглянути на речі, з якими вони зустрічаються мало не щодня та глибше оцінити важливість і користь знань з природничих наук, зокрема з фізики та хімії для розуміння фундаментальних основ світобудови.

Також такий підхід, є чудовим способом для сучасного вчителя реалізувати чи не найголовнішу мету Нової української школи – тобто не

знання заради знань, але знання, вміння, навички, що можна застосувати у повсякденному житті. [27, 28].

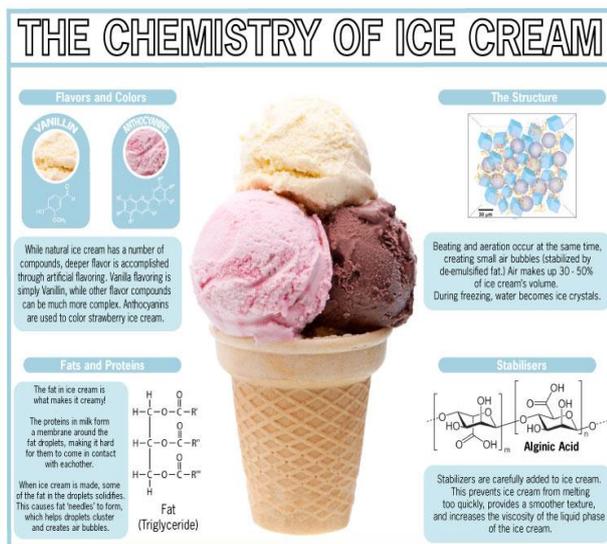


Рис. 2.23. Постер «The chemistry of ice-cream» [34].

2.5. Цікаві досліди «Ідентифікація речовин у морозиві»

Для здобувачів освіти будуть різні досліди на визначення наявності ключових компонентів морозива. Для цього в нагоді стануть якісні реакції для виявлення у морозиві білка (біуретова, ксантопротеїнова реакції), глюкози (якісні реакції для виявлення глюкози), лимонної (яблучної та інших харчових кислот) кислоти (у плодово-ягідному чи фруктовому морозиві), сахарози, лактози тощо [20].

Такі досліди будуть корисними, адже дозволять здобувачам освіти реалізувати теоретичні знання у практичній площині. Більше того, такий підхід активізує діяльність учнів, шляхом зацікавлення під час виконання хімічних експериментів [56].

У роботі було проведено якісні реакції на виявлення конкретних органічних сполук у складі морозива. Розглянемо теоретичні основи, методичні вказівки та результати проведених експериментів.

Перше, що необхідно зазначити це спосіб приготування аналізованих проб морозива. Для цього відбирають наважку холодного морозива «Пломбір» масою 5 г (рис. 2.24.) і розтоплюють її при кімнатній температурі. Далі до розтопленого морозива доливають 25 мл дистильованої води і за допомогою

скляної палички ретельно розмішують суміш до однорідності. Вихідний розчин – готовий. Саме з нього відбирають аліквоти для проведення аналізу.



Рис. 2.24. Підготовка проби морозива для аналізу.

Дослід 1. Визначення наявності білків у морозиві «біуретова реакція».

Обладнання та реактиви (рис. 2.25.): штатив з пробірками, хімічна склянка, хімічна паличка, піпетка Пастера, вихідний розчин морозива для аналізу, для контрольної проби – розчин яєчного білка, розбавлений розчин купрум (II) сульфату, розчин лугу (NaOH, 10%).



Рис. 2.25. Обладнання та реактиви.

Методика проведення:

У пробірці 1 готують контрольну пробу – біуретова реакція на яєчний білок. Для цього до 2 мл розчину яєчного білка додають 2 мл розчину лугу та 1 мл розчину купрум (II) сульфату. Спостерігають утворення хелатного комплексу, який має фіолетове забарвлення, що свідчить про наявність пептидного зв'язку.[12] Механізм реакції наведено на рис. 2.26.

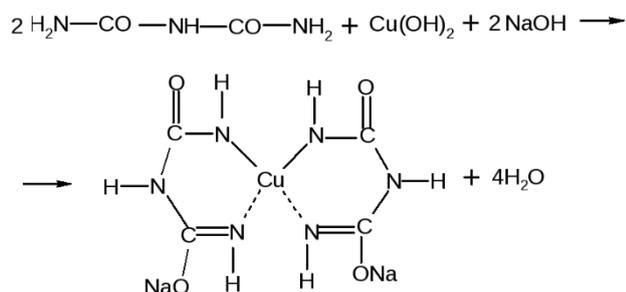


Рис. 2.26. Біуретова реакція. Механізм [39].

У пробірці 2 проводять виявлення білків у складі морозива. Для цього до пробірки відбирають аликвоту розчину морозива об'ємом 2 мл і до неї доливають 2 мл розчину лугу та 1 мл розчину купрум (II) сульфату. Поява фіолетового забарвлення свідчить про наявність білків у складі морозива. Результат проведених реакцій зображено на рис. 2.27.



Рис. 2.27. Результат проведених реакцій, де пробірка 1 – з розчином яєчного білка (контрольна), а пробірка 2 – з вихідним розчином морозива для аналізу.

Дослід 2. Визначення наявності білків у морозиві «ксантопротеїнова реакція».

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками, хімічна склянка, хімічна паличка, піпетка Пастера, вихідний розчин морозива для аналізу, для контрольної проби – розчин яєчного білка, концентрована нітратна кислота, водяна баня, розчин лугу (NaOH, 10%).

Методика проведення:

У пробірці 1 готують контрольну пробу – ксантопротеїнова реакція на яєчний білок. Для цього до 2 мл розчину яєчного білка додають краплями 5 мл розчину концентрованої нітратної кислоти. Нагрівають вміст пробірки за

допомогою водяної бані до появи жовтого осаду. Після цього краплями додають розчин лугу до появи жовтогарячого забарвлення. Цей тип реакції дозволяє виявляти амінокислотні залишки, що входять до складу білка, які мають у складі бензольне ядро. Розчин лугу додають з метою йонізації NO_2 -групи [12]. Механізм реакції наведено на рис. 2.28.

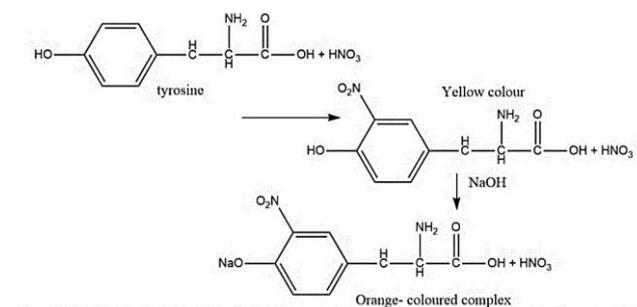


Рис. 2.28. Ксантопротейнова реакція. Механізм [40].

У пробірці 2 аналогічно проводять виявлення білків у складі морозива. Для цього до пробірки відбирають аликвоту розчину морозива об'ємом 2 мл і до неї доливають 5 мл розчину концентрованої нітратної кислоти. Нагрівають вміст пробірки за допомогою водяної бані до появи жовтого осаду. Після цього краплями додають розчин лугу до появи жовтогарячого забарвлення. Позитивна проба свідчить про наявність білків, що містять у складі амінокислоти з бензеновим кільцем у скелеті. Результати проведених реакцій подано на рис. 2.29.-2.30.



Рис. 2.29-2.30. Ксантопротейнова реакція. До та після додавання розчину лугу.

Дослід 3. Осадження білків морозива.

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, гумова пробка, піпетка Пастера, вихідний розчин морозива для аналізу, ацетон.

Методика проведення:

У пробірку поміщують 2-3 мл вихідного розчину морозива і додають 3-4 мл ацетону. Далі пробірку закривають гумовою пробкою і декілька разів струшують її вміст. Після цього пробірку залишають на декілька хвилин у штативі. Спостерігають розшарування розчину у пробірці на 2 фази (рис. 2.31.).

Осадження білків органічними розчинниками відносять до реакцій зворотного осадження. Перевага використання ацетону для осадження полягає у менш «шкідливій» денатуруючій дії у порівнянні, наприклад з дією етанолу.



Рис. 2.31. Осадження білків морозива ацетоном.

Дослід 4. Визначення наявності глюкози у морозиві за допомогою свіжовиготовленого купрум (II) гідроксиду («Реакція Троммера»).

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками, скляна паличка, піпетка Пастера, хімічна склянка, водяна баня, розчин глюкози 40% (аптечний), розчин лактози 10% (аптечна), вихідний розчин морозива для аналізу, розчин лугу (NaOH, 10%), розчин купрум (II) сульфату (розб.).

Методика проведення:

Перш за все необхідно добути реагент для якісного виявлення глюкози – купрум (II) гідроксид. Для цього до 2-3 мл розчину купрум (II) сульфату доливають 5-6 мл розчину лугу. Спостерігають утворення синього осаду (рис. 2.32.).



Рис. 2.32. Одержання $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Хімізм процесу: $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$.

Далі до пронумерованих пробірок вносять за допомогою піпетки Пастера по 2-3 мл розчинів: у пробірку 1 – розчин глюкози (контрольна проба), у пробірку 2 – розчин лактози (контрольна проба, відновлюючий дисахарид, міститься у молоці, а отже і в морозиві), у пробірку 3 – вихідний розчин морозива для аналізу. Спостерігають утворення розчинних у воді комплексів синього забарвлення (рис. 2.33.).

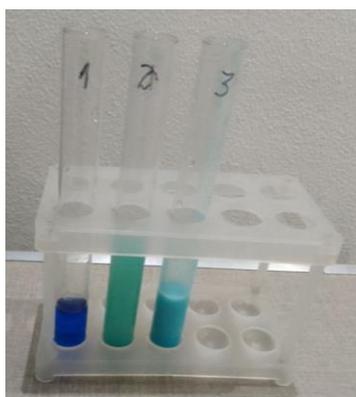


Рис. 2.33. Утворення розчинних комплексів міді з вуглеводами.

Далі одержані проби поміщають на водяну баню для подальшого перебігу хімічної реакції, як показано на рис. 2.34.

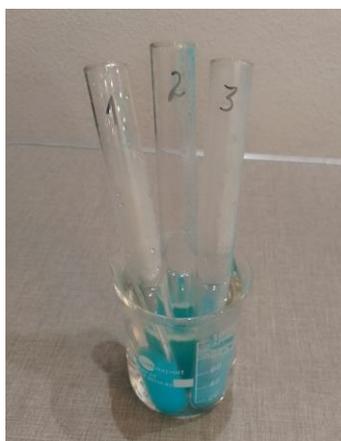


Рис. 2.34. Нагрівання вмісту пробірок за допомогою водяної бані.

Внаслідок перебігу реакції розкладання відповідних комплексів міді з вуглеводами у якості кінцевого продукту утворюється купрум (I) оксид, який забарвлює вміст пробірки у морквяний колір (рис. 2.35.).



Рис. 2.35. Реакція Троммера. Пробірка 1 – з розчином глюкози, пробірка 2 – з розчином лактози, пробірка 3 – з пробою морозива.

У морозиві виявляємо, таким чином, глюкозу та лактозу, яка має здатність відновлюватись до глюкози. Хімізм реакції Троммера подано на рис. 2.36.

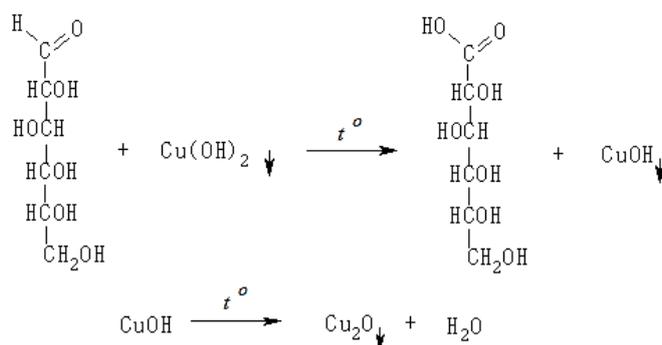


Рис. 2.36. Хімізм перебігу реакції Троммера для глюкози. [41].

Механізм перебігу реакції Троммера для лактози полягає в тому, що спочатку утворюється мідний комплекс лактози, який при нагріванні розкладається з утворенням ряду продуктів, кінцевим з яких є $\text{Cu}_2\text{O} \downarrow$, який дає характерне морквяне забарвлення проби. Реакція можлива за рахунок того, що лактоза – відновлюючий дисахарид.

Дослід 5. Виявлення сахарози у морозиві.

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, скляна паличка, хімічна склянка, водяна баня, розчин сахарози 40%, вихідний розчин морозива для аналізу, розчин лугу (NaOH, 10%), розчин купрум (II) сульфату (розб.).

Методика проведення:

Підготовка контрольної проби: у пробірку вносять 2-3 мл розчину сахарози до якого додають 2-3 мл лугу та 1-2 мл купрум (II) сульфату. Спостерігають утворення розчинного комплексу – купрум (II) сахарату, що має яскраво-синє забарвлення. Купрум (II) сахарат стійкий при нагріванні і не відновлюється до купрум (I) оксиду, оскільки сахароза – невідновлюючий дисахарид (рис. 2.37.).

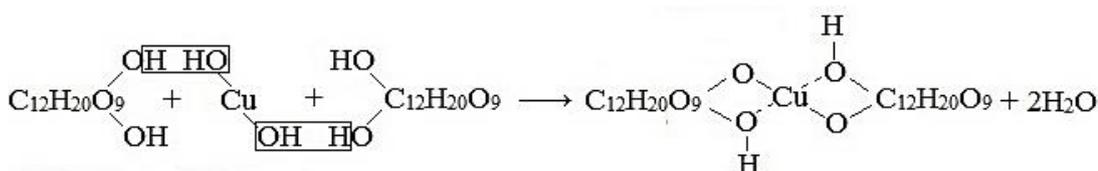


Рис. 2.37. Хімізм взаємодії сахарози з купрум (II) гідроксидом.

Аналогічно проводять дослідження проби морозива на виявлення сахарози. Для цього у пробірку наливають 2-3 мл вихідного розчину морозива, до нього додають 2-3 мл розчину лугу та 1-2 мл розчину купрум (II) сульфату. Стійке яскраво-синє забарвлення свідчить про наявність сахарози у морозиві. Результати реакцій зображені на рис. 2.38.



Рис. 2.38. Виявлення сахарози у морозиві: пробірка 1 – контрольна проба, пробірка 2 – проба з морозивом.

Дослід 6. Виявлення органічних кислот у складі плодово-ягідного морозива.

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками, скляна паличка, піпетка Пастера, хімічна склянка з дистильованою водою, зразок плодово-ягідного морозива (1 г), розчин натрій карбонату (насич.).

Методика проведення:

У пробірку поміщають зразок аналізованого плодово-ягідного морозива масою 1 г і приливають до нього 2-3 мл дистильованої води. Ретельно розмішують вміст пробірки скляною паличкою до одержання однорідності (морозиво має розтанути і утворити розчин при додаванні води). Проба для аналізу морозива на вміст харчових кислот – готова! Тоді до аналізованої проби, краплями додають насичений розчин натрій карбонату – спостерігають виділення бульбашок газу [20].

Теоретичне обґрунтування цього досліду полягає у тому, що морозиво приготоване на фруктово-ягідній основі, а фрукти та ягоди містять у своєму складі органічні кислоти – переважно яблучну та лимонну (їх найбільше за відсотковим вмістом). Уважно проаналізувавши етикетку зі складом морозива бачимо вміст таких продуктів, що містять харчові кислоти, а саме: яблучне пюре, сливове пюре, яблучно-горобинове пюре, пюре смородини, чорниці, малини, ожини, а також регулятор кислотності – лимонну кислоту. Хімізм виявлення харчових кислот полягає у взаємодії H^+ з Na_2CO_3 (насич.) з виділенням бульбашок газу $CO_2\uparrow$ (рис.2.39).



Рис. 2.39. Перевірка плодово-ягідного морозива на вміст харчових кислот.

Крім того, кислоти у продуктах харчування можна виявляти за допомогою індикаторів – лакмус, метилоранж, бромтимоловий синій, тощо.

Ще один цікавий момент, на який варто звернути увагу в ході проведення досліду – це зміна забарвлення морозива з яскраво-рожевого на сіро-блакитне при додаванні розчину соди, тобто при зміні рН середовища. Ця зміна забарвлення морозива, обумовлена характерною реакцією антоціанів –

природних барвників-індикаторів, що входять до складу фруктів та ягід, на зміну кислотності середовища.

Дослід 7. Виявлення крохмалю у складі вафельного стаканчика.

Обладнання та реактиви (рис. 2.40.): штатив з пробірками, скляна паличка, предметне скельце, піпетка Пастера, морозиво у вафельному стаканчику (для досліду знадобиться лише частина вафельного стаканчика), аптечний розчин йоду (I_2 в KI), крохмальний клейстер.



Рис. 2.40. Обладнання та реактиви для визначення вмісту крохмалю.

Методика проведення:

Підготовка контрольної проби: у пробірку 1 наливають 3-4 мл крохмального клейстеру (готують з 2 мікрошпателів кукурудзяного крохмалю та 5 мл гарячої дистильованої води) та додають до нього 1 краплю аптечного розчину йоду. Поява темно-синього забарвлення свідчить про наявність крохмалю, так це якісна реакція для його виявлення. Для визначення наявності крохмалю у вафельному стаканчику морозива беруть невеликий шматок вафельного стаканчика, який розміщують на предметному скельці та крапають за допомогою піпетки Пастера розчин йоду. Спостерігають появу синього забарвлення (рис. 2.41.).



Рис. 2.41. Виявлення крохмалю у вафельному стаканчику.

Дослід 8. Виявлення жирів у морозиві.

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, гумова пробка, піпетка Пастера, хлороформ, розчин морозива, фільтрувальний папір, скляна паличка.

Методика проведення досліду:

У пробірку наливають 3-4 мл вихідного розчину морозива до якого додають 2-3 мл органічного розчинника – хлороформу. Хлороформ екстрагує жири, які наявні у морозиві. Після додавання хлороформу, пробірку закривають гумовою пробкою та ретельно струшують декілька разів. Далі пробірку залишають у штативі на кілька хвилин для розшарування фаз. Тоді за допомогою піпетки відбирають невеликий об'єм хлороформу з розчиненими жирами та крапають його на фільтрувальний папір. Далі чекають декілька хвилин для випаровування леткого розчинника (хлороформу). Поява жирної плями на фільтрувальному папері після випаровування хлороформу свідчить про наявність жирів у складі морозива (рис. 2.42.).



Рис. 2.42. Визначення жирів у морозиві.

2.6. Методика проведення STEAM-проєкту «Морозиво» у ЗЗСО

Для сучасних і прогресивних педагогів України цікавим інструментом реалізації інтегративного підходу у вивченні дисциплін природничого циклу є застосування на уроках STEAM-технологій та сумісне виконання навчальних STEAM-проєктів. Цікавою та корисною для школярів може бути тема морозива, оскільки діти дуже люблять цей десерт і їм було б цікаво дізнатись щось нове про морозиво та проекспериментувати з ним та проявити свій інтелектуальний, креативний, аналітичний та творчий підхід для вирішення

прикладних завдань. Розгляньмо основні складові STEAM-проєкту для глибшого розуміння суті та коректного планування проєкту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Основні складові STEAM-проєкту «Морозиво».

| | |
|---|--|
| <p>S-науки (Science-науки природничого циклу)</p> | <p>Здобувачі освіти ознайомлюються з фізико-хімічними особливостями складу та процесу приготування морозива. Для цього опрацьовують різного роду літературу – матеріали науково-популярних журналів для дітей, наукових журналів, інтернет-джерел, переглядають навчальні відео (від університетів, від технологів та інженерів з виробництва морозива, тощо.), за можливості відвідують завод з виробництва морозива у якості навчальної екскурсії.</p> |
| <p>T-технології</p> | <p>Перш за все використовують інформаційні технології з метою пошуку необхідної інформації. По-друге, застосовують ІТ для виконання завдань проєкту, наприклад: створюють презентацію, монтують відео, пишуть програму (додаток для телефону) про морозиво, аналізують дані, створюють базу даних, створюють власний сайт про морозиво, розробляють дизайн постерів (листівок, буклетів, інформаційних карток, тощо) про морозиво, створюють інтерактивні картки чи ігри про морозиво. Загалом тут є шалений спектр ідей для реалізації, здобувачі освіти мають повну свободу для здійснення бажаного.</p> <p>По-третє, станом на зараз є безліч безкоштовних ресурсів для моделювання молекул хімічних сполук, що є складовими частинами морозива, також можна змоделювати певні реакції, що стосуються тематики,</p> |

| | |
|---------------------|--|
| | а також фізико-хімічні чи технологічні процеси, що мають місце при виробництві морозива. |
| <i>E-інжиніринг</i> | Полягає у безпосередній розробці корисної моделі, що стосується тематики морозива: від банального приготування десерту, враховуючи всі тонкощі і специфіку до розробки ІТ-ресурсів чи в ідеалі компактного домашнього пристрою для виготовлення морозива. Суть складової – перенесення ідей у матеріальний світ. |
| <i>A-мистецтво</i> | Реалізація творчого підходу, креативу та естетики для цілісності проєкту. |
| <i>M-математика</i> | Аналіз даних, здійснення відповідних розрахунків. |

Варто зазначити, що STEAM-проєкт «Морозиво» можна реалізовувати фактично з будь-якою віковою категорією школярів: від учнів початкових класів – до старшокласників. Від віку та знань аудиторії залежатимуть навчальні цілі, завдання та результати проєкту. Власне, вчитель повинен бути добрим менеджером і ментором для грамотної та успішної реалізації задуманого. Також вчителю доречно застосовувати ARCS-model of motivation by John's Keller для досягнення високих результатів успішності учнів у командній роботі.

У цій роботі пропонується розглянути приблизний план реалізації STEAM-проєкту у ЗЗСО для здобувачів освіти старших класів (табл. 2.2.). Такий проєкт дозволить формувати цілісний інтегративний світогляд здобувачів освіти, а також допоможе формувати критичне мислення, розвивати комунікацію та тимворкінг. Цікавим буде залучення різних класів (за віком) для реалізації проєкту. Важливим нюансом, який варто врахувати – поставити дедлайн для проєкту.

Таблиця 2.2.

План реалізації STEAM-проєкту у ЗЗСО на тему «Морозиво».

| Складові STEAM-проєкту | Навчальний предмет, відповідний розділ предмету | Навчальні цілі | Дослідницькі завдання |
|------------------------|---|--|---|
| <i>Science</i> | <p>Фізика – основи теорії МКТ, молекулярна фізика, термодинаміка, фізика рідин.</p> <p>Хімія – фізична хімія, органічна хімія, загальна та неорганічна хімія, харчова хімія, дисперсні системи.</p> | <p>1. Учень Закріплює і поглиблює знання з відповідних тем та розділів наук природничого циклу.</p> <p>2. Учень застосовує знання на практиці і у повсякденному житті.</p> <p>3. Учень вміє планувати виконання завдань та проводити експерименти.</p> | <p>1. Опрацювання різного роду джерел та літератури за темою.</p> |
| <i>Technology</i> | <p>Інформатика: Робота з MS Office, розробка</p> | <p>1. Учень застосовує знання, вміння та навички з ІТ</p> | <p>1. Застосування ІТ для вирішення навчальних завдань за темою</p> |

| | | | |
|--------------------|--|---|---|
| | презентацій, робота з відео, робота з сайтами, програмування, робота з програмами з хімічного моделювання, тощо. | сфери для вирішення прикладних завдання з теми «Морозиво». | «Морозиво». |
| <i>Engineering</i> | Безпосереднє проектування та створення розробок. Приготування морозива. | 1. Учень вміє працювати над створенням різного роду проектів. | 1. Безпосередня розробка задуманого проекту. |
| <i>Art</i> | Комп'ютерне моделювання, робота з графічними редакторами, редактори презентацій. | 1. Учень креативно і творчо мислить. 2. Учень застосовує творчий підхід у вирішенні прикладних завдань. | 1. Розробка презентації, чи постеру, чи плакату, чи буклету, чи інтерактивної картки, чи сайту, чи програми за темою «Морозиво». |
| <i>Mathematics</i> | Спектр тем варіюється від елементарних арифметичних розрахунків до | 1. Учень застосовує математичні знання, вміння, навички для | 1. Аналіз соц. опитування за темою «Морозиво». 2. Використання |

| | | | |
|--|--|-------------------------------------|--|
| | глибокого аналізу графіків, таблиць, математичних функцій та баз даних, статистичної обробки результатів експериментів. | розв'язання прикладних задач. | математичного апарату в ІТ. 3. Елементарні розрахунки в дослідах з морозивом і рецептурі його приготування. |
|--|--|-------------------------------------|--|

2.7. Цікаві завдання, конкурси, навчальні ігри за темою «Морозиво»

У цьому розділі розміщені цікаві завдання, навчальні ігри, конкурси, запитання за темою «Морозиво», які можна використати на уроках хімії, у позакласній роботі, під час тематичних заходів присвячених тижню хімії, до свят: День науки, День морозива, День захисту дітей, День хімії, День щастя, тощо. Як показує практика, здобувачі освіти люблять різного роду креативні та нестандартні завдання, ребуси, конкурси, головоломки, адже це більшою мірою мотивує їх, провокує допитливість і працює як виклик, а отже викликає «пізнавальний азарт». Такі розробки стануть у пригоді вчителю у якості додаткового інструменту навчання.

2.7.1. Кроссенси «Морозиво»

Кроссенс – це навчально-методичний інструмент нового покоління, це сучасний прийом розвитку асоціативної візуалізації у здобувачів освіти, застосовуваний прогресивними педагогами. Такі головоломки, як показує практика, справді до вподоби школярам. Це чудовий і корисний прийом зі скарбниці вчителя хімії і не тільки. У роботі розміщено авторські розробки кроссенсів, що відповідають тематиці «Хімія морозива» (рис. 3.43.-2.46.).



Рис. 2.43. Кроссенс «Морозиво».

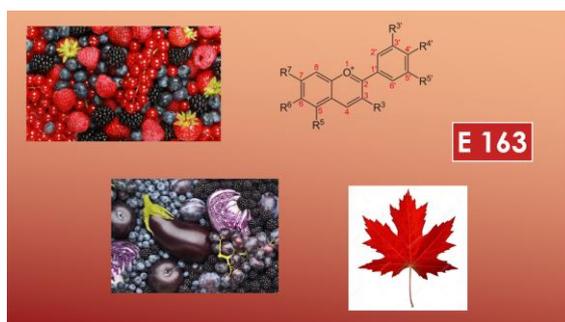


Рис. 2.44. Кроссенс «Антоціани».



Рис. 2.45. Кроссенс «Вуглеводи у складі морозива».



Рис. 2.46. Кроссенс «Харчові добавки у морозиві».

2.7.2. Ребуси «Морозиво»

Ребуси – одна з улюблених головоломок здобувачів освіти, адже викликає у них зацікавленість, бо інтригує їх. Варто зауважити, що це чудовий метод для активізації учнів на перших уроках і відмінний спосіб «увімкнути» роботу їх мозку та повернути увагу для вивчення нової теми. Також ребуси

доцільно використовувати при проведенні брейн-рингів та схожих змагань на початкових етапах, для «розігріву» аудиторії.

Вчитель може легко генерувати ребуси з використанням безкоштовної платформи за активним лінком: http://rebus1.com/ua/index.php?item=rebus_generator. Ребус, згенерований на цій платформі подано на рис. 2.47.



Рис. 2.47. Ребус «Морозиво» [44].

2.7.3. Нестандартні завдання про морозиво

Одним з прикладів нетипових завдань на розвиток критичного та асоціативного мислення є створення, так званих, хмар слів. Цей прийом можна застосовувати по-різному. З однієї сторони вчитель може створити хмару слів до теми уроку, а учні виділити основне поняття про яке йде мова відштовхуючись від слів-асоціацій. З іншого боку вчитель може задати центральну ідею (ключове слово) і разом з учнями, в режимі живого часу спільно згенерувати хмару слів безпосередньо на уроці. Ще одним варіантом застосування цього прийому є створення хмари слів у якості домашнього завдання, де кожен здобувач освіти зможе самостійно вписати свої слова-асоціації та задати свій дизайн, що дозволить йому більшою мірою проявити свій творчий потенціал та креатив. Зручно створювати хмару слів за допомогою онлайн ресурсу <https://wordart.com>. Хмара слів, згенерована з використанням цього ресурсу за темою «Морозиво» подана на рис. 2.48.

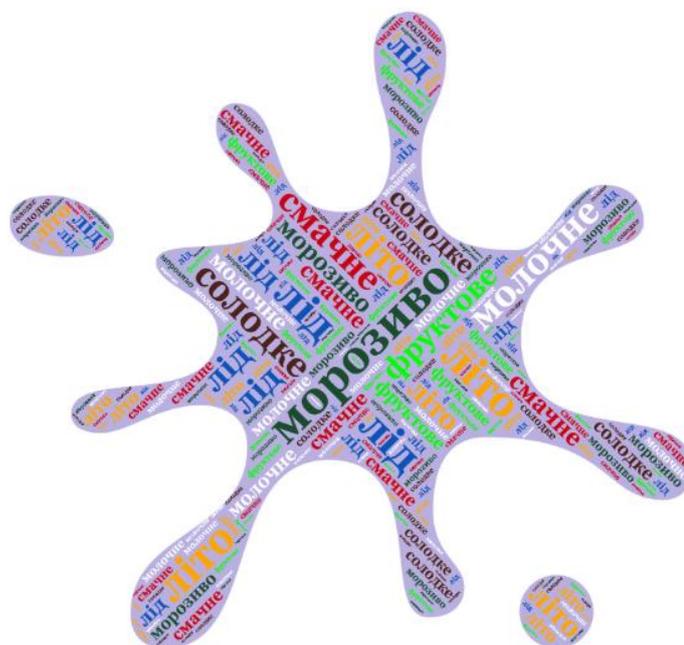


Рис. 2.48. Хмара слів «Морозиво».

Практичною користю наповнені задачі з хімії для кулінарів та харчових технологів. Такі завдання дозволять учням зрозуміти більшою мірою цінність і значущість хімії у побуті. Таким чином, «нудна і не потрібна» задача на розчини набуває цінності, адже дозволяє розв'язати завдання з реального життя.

Задача: Згідно з рецептурною картою суміш для приготування морозива «Пломбір» повинна бути жирністю 12%. Для приготування морозива придбали молоко жирністю 3,6% та кондитерські вершки жирністю 33%. Які кількості (кг) молока та вершків потрібно використати для приготування морозива «Пломбір» масою 1 кг?

Запис скороченої умови задачі + схема розв'язку:

Відомо:

w (молока) = 3,6%

w (вершків) = 33%

w (морозива) = 12%

m (морозива) = 1 кг

Розв'язання:

1. Нехай маса молока для приготування становить – x кг, тоді маса вершків, відповідно – $(1-x)$ кг.

2. Використаємо формулу:

$$w = \frac{m_{(p.p.)}}{m_{(p-ну)}} * 100\%$$

Знайти:

3. Модифікуємо формулу відповідно до умови

m (молока) - ?
 m (вершків) - ?

завдання:

$$w(\text{жиру}) = \frac{m_{(\text{жиру})}}{m_{(\text{р-ну})}} * 100\%$$

Звідси: $m_{\text{реч.}} = \frac{w_{(\text{жиру})} \times m_{(\text{р-ну})}}{100\%}$

Тоді: m (жиру в молоці) = 0,036 x;

m (жиру у вершках) = 0,33 * (1-x);

m (жиру в морозиві) = 0,12.

Для зручності можна використати табличний метод:

4. Складаємо таблицю:

| | | |
|--|---|--------------------------------------|
| Маса молока – x кг | Маса вершків – (1-x) кг | Маса морозива – 1 кг |
| Маса жиру в молоці – (0,036x) кг | Маса жиру у вершках – (0,33·(1 – x)) кг | Маса жиру в морозиві – 0,12 кг |

5. Складаємо рівняння та розв'язуємо його:

$$0,036x + 0,33(1-x) = 0,12;$$

$$0,036x + 0,33 - 0,33x = 0,12;$$

$$-0,294x = -0,21 \quad | :(-0,294);$$

$$x = 0,7$$

6. Знаходимо масу вершків: $1-x = 1-0,7 = 0,3$.

7. Відповідь: для приготування 1 кг морозива жирністю 12% необхідно 0,7 кг молока жирністю 3,6% та 0,3 кг вершків жирністю 33%.

Тестові завдання за темою морозиво:

1. Укажіть, серед переліку речовин, сполуку, що може бути використана як підсолоджувач під час приготування морозива:

А) $C_{12}H_{22}O_{11}$ Б) Лецитин В) $C_6H_8O_7$ Г) Полісорбат 80

2. Укажіть серед переліку реактивів, той, що дозволить якісно виявити крохмаль у вафельному стаканчику:

А) реактив Толленса Б) реактив Фелінга
 В) розчин Люголя Г) реактив Несслера

3. Укажіть до якого типу емульсій відноситься морозиво:

А) Інвертна (зворотна)

Б) Пряма

В) SWOP-емульсія

Г) морозиво – це не емульсія, а піна.

4. Яку наважку глюкози потрібно розчинити у 250 мл води ($\rho=1$ г/мл) для приготування сиропу з масовою часткою глюкози 65%, що слугуватиме підсолоджувачем для морозива «Пломбір»?

А) 464,3 г

Б) 162,5 г

В) 644,3 г

Г) 343,5 г

5. Як зміниться забарвлення лакмусового індикатора у розчині плодово-ягідного морозива, якщо відомо, що до його складу входять: лимонна, аскорбінова та яблучна кислоти?

А) змінить забарвлення на синій, за рахунок дисоціації кислоти з утворенням OH^-

Б) Змінить забарвлення на синій за рахунок дисоціації кислоти з утворенням H^+

В) Змінить забарвлення на червоний

Г) Більш доцільно використати індикатор фенолфталеїн, що дозволить якісно виявити наявність органічних кислот у складі аналізованого морозива.

6. На якому явищі базується додавання солі у лід при виготовленні охолоджувальної суміші для приготування морозива чи сорбету?

А) Ефект Тіндаля

Б) Капілярні явища

В) Конверсія

Г) Депресія точки замерзання

7. У чому суть використання емульгаторів у процесі виробництва морозива?

А) Для додаткового запобігання злипанню часток жиру, як у молоці.

Б) Для створення додаткового захисного шару білків навколо кожної міцели з метою стабілізації емульсії.

В) Для часткової коалесценції часток жиру у морозиві, що сприяє кращому вловлюванню повітря і формуванню повітряних кишень.

Г) Для розшарування суміші на окремі компоненти, з метою одержання ніжної, гладкої текстури морозива.

З точки зору психології йдеться про, так званий, парадокс вибору. Суть його полягає в тому, що наш мозок буде більш задоволений, коли прийме рішення вибираючи між трьома різновидами морозива. Перш за все тому, що такий вибір зробити значно легше. Вибираючи магазин, що пропонує нам 12 видів морозива, ми вважаємо, що більший вибір (більший діапазон продуктів) зробить нас щасливішими. Тим не менше, насправді, в такій ситуації ми більш розгублені і нам важко прийняти рішення: яке морозиво обрати. Це також пов'язано з тим, що наш мозок намагається прорахувати всі варіанти і ми не хочемо в кінцевому випадку жаліти: умовно про те, чому обрали фісташкове морозиво замість шоколадного, яке могло б бути кращим, хоча ми не знаємо напевно. В цьому помилковість вибору більшості людей які вважають, що більший вибір – принесе більше щастя.

Як показують різноманітні дослідження, все з точністю до навпаки, більший вибір приносить більше страждань і більше розчарувань (виникають питання: а якби я вчинив іншим чином, можливо це було б краще, можливо я би був більш щасливим???) і незадоволеності прийнятим рішенням і здійсненим вибором. Це викликає проблему: мозок не знає чого він хоче насправді. Тому менше позицій (варіантів) вибору – більша задоволеність прийнятим рішенням!

Розділ 3

**ДОСЛІДНИЦЬКО-ПОШУКОВА РОБОТА УЧНІВ НА ПРИКЛАДІ
НАВЧАЛЬНОГО ПРОЄКТУ «СТАБІЛЬНІСТЬ АНТРАХІНОЇЛ-1-
ДІАЗОНІЮ»****3.1. Загальний огляд теоретичної бази та шкільних програм, що
стосується тематики проєкту**

У цій роботі пропонується виділити особливу увагу темі «Нітрогеновмісні органічні сполуки», передбачену програмою 10 класу рівня стандарт. Оскільки, на мою думку, зазвичай вчителями закладів середньої освіти ця тема є дещо недооцінена, більше того, навіть проігнорована, а у здобувачів освіти часто виникають труднощі при вивченні одного з класів органічних нітрогеновмісних сполук – амінів.

Проєкт охоплює такі теми з навчальних програм:

- Рівень стандарту:
- ✓ 7 клас: *«Початкові хімічні поняття»*.
- ✓ 8 клас: *«Будова атома. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів», «Хімічний зв'язок і будова речовини», «Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами»*.
- ✓ 9 клас: *«Розчини», «Хімічні реакції», «Початкові поняття про органічні сполуки», «Роль хімії в житті суспільства»*.
- ✓ 10 клас: *«Теорія будови органічних сполук», «Нітрогеновмісні органічні сполуки», «Багатоманітність та зв'язки між класами органічних речовин»*.
- ✓ 11 клас: *«Періодичний закон і періодична система хімічних елементів», «Хімічний зв'язок і будова речовини», «Хімічні реакції», «Хімія і прогрес людства»*.
- Класи з поглибленим вивченням хімії:
- ✓ 9 клас: *«Електролітична дисоціація», «Хімічні реакції та закономірності їх перебігу», «Найважливіші органічні сполуки», «Узагальнення знань з хімії»*.

➤ Профільний рівень:

- ✓ 10 клас: «*Теорія будови органічних сполук*», «*Нітрогеновмісні органічні сполуки*», «*Органічна хімія в сучасному суспільстві*».
- ✓ 11 клас: «*Основні поняття, закони та теорії хімії*», «*Розвиток наукових знань про хімічний зв'язок і будову речовини*», «*Хімічні реакції*», «*Дисперсні системи*», «*Роль хімії у житті суспільства*».

Модель експериментальної позакласної роботи, описана у цій роботі передбачає глибше вивчення хімічних властивостей амінів та прикладах реакцій діазотування та азосполучення між, так званими, діазоскладовою та азоскладовою. Важливо також розуміти, зміст пропонованого навчального проєкту виходить далеко за межі навчальної програми, як рівня стандарту, так і профільного рівня, проте відповідає програмі олімпіади з хімії.

Такий формат роботи дозволяє викликати більший інтерес обдарованих і допитливих учнів, що цікавляться хімічною наукою, зокрема органічною хімією, не обмежуючись шкільною програмою. Вважаю доцільним проведення такого проєкту на базі 1-аміноантрахінону, адже фрагмент 9,10-антрацендіону може викликати у діазопохідних цілий ряд цінних фармацевтичних властивостей. Крім того, говорячи про азосполучення не можливо не згадати про азобарвники і їх роль як для органічної хімії, так і для хімічної промисловості, а, отже, і для економіки держави.

Такий підхід допоможе краще реалізувати наскрізні змістові лінії «Підприємливість і фінансова грамотність», «Громадянська відповідальність», «Екологічна безпека і сталий розвиток», «Здоров'я і безпека», що передбачені навчальною програмою [25 ,26**Error! Reference source not found.**].

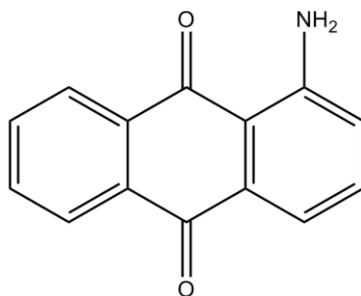


Рис. 3.1. Структурна формула 1-аміноантрахінону.

Важливо розуміти, що такого роду проєктна робота дозволяє вчителю здійснювати індивідуальний підхід стосовно розвитку особистості здобувачів освіти. Результати проєктної діяльності обдаровані учні зможуть презентувати на позакласних заходах, шкільних та міжшкільних конференціях присвячених хімічним дослідженням, на різних конкурсах, а також оформляти результати проєктної діяльності у вигляді наукової роботи і подавати її на конкурс Малої академії наук, тощо. Це дозволить обдарованим школярам, що цікавляться хімічними дослідженнями реалізувати свій пізнавальний та творчий потенціал і, можливо, навіть в подальшому продовжувати здійснювати свої дослідження вже у професійному чи науковому середовищі.

Комплексний підхід до розв'язання проблем проєкту через поєднання основ органічної хімії та фізичної хімії як інструменту для вирішення тих чи інших завдань наукової роботи, дозволить здобувачу освіти розширити свій світогляд і краще розуміти взаємозв'язки в хімічній науці.

Зі шкільного курсу здобувачам освіти відомі основні хімічні властивості амінів, а саме: реакції взаємодії з мінеральними кислотами, реакції дисоціації (виявляють основні властивості), реакції горіння, а також реакцію якісного виявлення аніліну, шляхом реакції заміщення з бромною водою [29, 30**Error! Reference source not found.**]. Для реалізації проєкту проблемна група допитливих здобувачів освіти ознайомлюється з реакцією діазотування.

На мій погляд, надзвичайно доцільно проводити такі проєктні заняття на базі закладу вищої освіти, зокрема і нашого університету, де в рази більше можливостей розкривається для здобувача освіти, позаяк краща і доступна в більшому обсязі матеріально-технічна база. Крім того, такий проєкт гарантуватиме чудово проведену профорієнтаційну роботу, для тих здобувачів, хто серйозно планує продовжувати поглиблювати свою компетентність у галузі хімічної науки, вже після здобуття повної загальної середньої освіти.

Не менш важливо зробити акцент на здійсненні таких проєктів з обдарованими здобувачами освіти, які зацікавлені в науковій діяльності з хімії і бажають розвиватися в напрямку дисциплін природничого циклу, адже саме юні генії – основа добробуту і процвітання нації, тому ми, як свідомі громадяни нашої держави повинні створити всі необхідні умови для розвитку здібностей обдарованих дітей, зокрема в хімічній науці. Тому свідомий вчитель буде мотивувати до здійснення такого проєкту, перш за все, тих, хто має науковий потенціал.

3.2. Хімія діазо- та азосполук на основі антрахінонового скелету

Не менш важливим буде обґрунтування самої тематики експериментального проєкту, а також його важливості, актуальності, значимості, тощо. По-перше, вибираючи саме хімію діазо- та азосполук, керуюсь власними смаками та вподобаннями, адже сама є безпосередньо дотичною до цієї безмежно цікавої та значущої для органічної хімії теми.

По-друге, безумовно, є важливо зазначити актуальність теми «Стабільність антрахіноіл-1-діазонію». Актуальність полягає у багатоманітності напрямів дотичності таких сполук до різних галузей життя людини. Саме тому варто розглянути їх з різних сторін. З одного боку, антрахіноновий фрагмент може відповідати за цінні лікувальні властивості його похідних. Наукова група Прикарпатського університету в складі Тарас Т.М., Лучкевича Є.Р., Матківського М.П., Шупенюка В.І., Сабадах О.П., активно проводить комплексні дослідження в цій галузі.

Було встановлено, що трициклічна система та наявність двох карбонільних груп, що є сильними електроно-акцепторними замісниками у складі антрацен-9,10-діону може призвести до появи певних специфічних властивостей діазопохідних такого ряду.

Зокрема виділяють такі цінні фармакологічні властивості для цих біологічно активних сполук, як-от: антибактеріальна, протизапальна, фунгіцидна (протигрибкова), антивірусна (у перспективі можливий синтез ліків проти коронавірусів, зокрема COVID-19, на основі даних сполук),

протипухлинна (у перспективі синтез препаратів для боротьби з окремими різновидами онкопатологій, на основі цих сполук) [30].

З іншого боку, варто згадати, що похідні антрахінону містяться у рослинній сировині. Таким чином, максимально доцільним буде залучення до виконання частини проєкту здобувачів освіти профільних класів з біології та вчителів/вчених–експертів галузі ботаніки.

Крім того, комплексний та інтегральний STEM-підхід буде чудовим засобом для реалізації задуманого проєкту. Як відомо, антрахінонові сполуки містяться у рослинній сировині у формі глікозидів. Можна виділити наступний перелік рослин, що багатий на ці глікозиди, а саме: ревінь, алое, жорстер, крушина, щавель.

По-третє, антрахінонові діазосполуки мають важливе значення не лише у фармацевтичній, лікувально-терапевтичній та науковій площині. Вони можуть мати також промислове значення, зокрема у якості реагенту для синтезу азобарвників.

Не можна не згадати значення барвників у житті людини. Ще здавна людина намагалася прикрасити свій побут за допомогою фарбування, де барвники відігравали важливу роль. Саме червоний колір вважався одним з найдорожчих, адже для одержання насиченого кольору було потрібного багато барвника, який важко отримували з природньої сировини – комах кошєніль. З розвитком науки і техніки людина навчилася отримувати барвники штучним шляхом, що в рази полегшило виробництво цінного і потрібного продукту.

У сучасному світі людство відкриває все дедалі більше нових і нових барвників. Як не дивно, станом на зараз, хіміки можуть синтезувати барвники з конкретними, наперед визначеними властивостями, що дозволяє задовольнити потреби ринку.

Варто зазначити, що лєвову частку на сучасному ринку барвників становлять саме азобарвники, через свої унікальні властивості та низьку

вартість. Вони вже доволі тривалий час служать потребам людини і ще не скоро втратять свою конкурентоспроможність на ринку барвників [53].

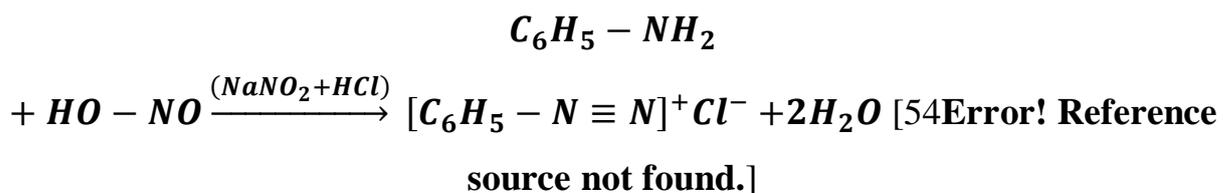
Хоча з однієї сторони діазосполуки антрахінонового ряду не мають значних переваг в порівнянні з класичними діазосполуками бензенового чи нафталенового рядів, все ж через наявність двох карбонільних груп у положеннях 9 та 10, які є сильними електроно-акцепторними замісниками, вони можуть проявляти цікаві та досі не вивчені властивості [53].

Щодо загальних закономірностей будови варто зазначити, що Ароматичні діазосполуки відзначаються різноманітністю кислотно-основних та стерео-ізомерних перетворень. Згідно з класичних уявлень солі діазонію ArN_2^+X^- існують у формі *син*- і *анти*- (або *Z*- і *E*-) геометричних ізомерів, що відповідно, володіють притаманними саме для тієї чи іншої форми властивостями. Така гіпотеза є загальноприйнятою і визнаною в науковому середовищі, оскільки є найбільш логічною і доцільною з точки зору стереохімії речовин цього класу.

Варто зазначити, що кислотно-основні та стереоізомерні перетворення діазопохідних бензенового ряду в цілому є добре вивченими. Водночас діазосполукам антрахінонового ряду не приділялась значна увага наукових кіл, адже антрахінонові діазосполуки не мають значних переваг для їх використання в синтезі азобарвників, у порівнянні з діазосполуками бензенового та нафталенового рядів.

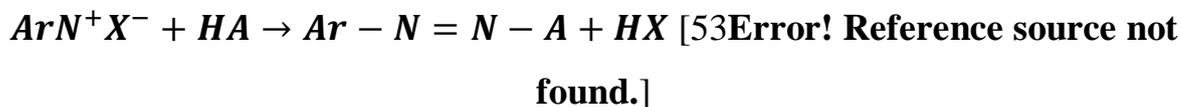
3.3. Основні поняття і терміни. Визначення константи кислотності

Реакція діазотування відбувається при дії натрій нітриту на первинний амін у кислому середовищі:



Реакція азосполучення – це реакція електрофільного заміщення, що відбувається при взаємодії діазоній-катиону, так званої, діазоскладової (термін

технології азобарвників) з речовинами, що здатні заміщувати Гідроген чи іншу групу і є, так званою азоскладовою (термін технології азобарвників). У результаті реакції утворюється яскравий барвник, що з хімічної точки зору є азосполукою.



Необхідно зазначити, що в реакцію азосполучення з усіх рівноважних форм вступає виключно діазоній-катіон, що було неодноразово підтверджено численними дослідженнями [53].

Існування діазоній-катіону було зафіксовано при кислому рН середовища. Діазоній-катіон можна вважати типовою апротонною або льюїсівською кислотою. Розуміння кислотно-основної теорії Гілберта Льюїса, що є вагомим критерієм оцінки сполук цього класу, дозволяє здійснювати глибший аналіз діазосполук і їх похідних у системі взаємозв'язків: будова-властивості. Власне, кислота Льюїса, на противагу основі, є сполукою-акцептором електронної пари [53].

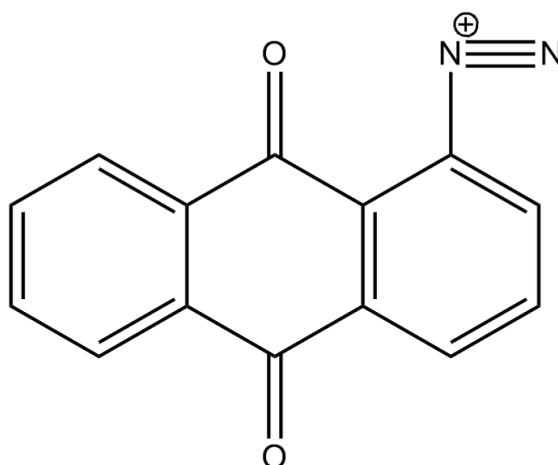


Рис. 3.2. Структурна формула антрахіноіл-1-діазонію.

Надзвичайно важливими і багатоманітними є кислотно-основні перетворення діазосполук. Зважаючи на вищесказане, діазоній-катіон, шляхом приєднання гідроксид-аніону утворює відповідний діазенол, що відповідає льюїсівській кислотності (кислотності по відношенню до розчинника), позначену як pK_R^+ . Діазенол, в свою чергу, у лужному розчині поводить себе

вже як кислота Бренстеда-Лоурі, тобто як донор катіону Гідрогену, внаслідок чого утворюється діазенолат.

З метою якісної оцінки кислотних властивостей діазоній-катіону варто враховувати також константу кислотності, що відповідає повній, тобто сумарній рівновазі, що позначено як pK_C . Таким чином, діазоній-катіон визначають як двохосновну кислоту Льюїса [53].

Для оцінки кислотно-основних властивостей популярними є методи потенціометричного титрування, спектрофотометрії, визначення кінетики азосполучення, ізомеризації, розкладу, тощо. Щодо визначення константи кислотності, то тут основними є методи потенціометричного та спектрофотометричного титрування.

Використання потенціометричного титрування має суттєві обмеження, що пов'язані в першу чергу з тим, що цей метод потребує достатньо високої концентрації аналізованого розчину діазопохідного антрахінонового ряду (наявні труднощі, пов'язані з розчинністю аналізованої діазосполуки). Враховуючи високе значення коефіцієнта світлопоглинання антрахінону та його похідних зручним є використання фотометричних методів [53].

Саме кислотно-основна теорія Льюїса, згідно з якою кислота є акцептором електронної пари, виступає вагомим критерієм, що необхідно враховувати при дослідженні діазосполук та їх похідних у взаємозв'язку системи: будова-властивості.

Діазоній-катіон приєднуючи гідроксид-аніон утворює діазенол, що відповідає константі кислотності щодо розчинника (власне, льюїсівська кислотність), яку позначимо як pK_R^+ . Діазенол у лужному розчині поведить себе як кислота Бренстеда-Лоурі з утворенням діазенолату.

Тому, для оцінки кислотних властивостей діазоній-катіону, варто врахувати також значення константи кислотності, що відповідає повній (сумарній) рівновазі за участю двох гідроксид-аніонів, яку позначимо як pK_C . Відповідно, діазоній-катіон визначають як двохосновну кислоту Льюїса.

Експериментальним спектрофотометричним титруванням було одержано наступні значення констант, а саме: $pK_{R^+} (Z) = 9,58$ та сумарне значення: $pK_C = 19,04$.

Дані, одержані експериментальним визначенням кислотності діазоній-катиону представлено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Визначення кислотності ($\lambda=400$ нм).

| D | pH | поправка | pK_{R^+} | pK_C |
|----------------------|-----------|-----------------|------------------------------|--------------------------|
| 0,09 | 8,83 | +1,07 | 9,90 | 18,73 |
| 0,09 | 8,94 | +1,07 | 10,01 | 18,95 |
| 0,09 | 8,85 | +1,07 | 9,92 | 18,77 |
| 0,12 | 8,85 | +0,66 | 9,51 | 18,36 |
| 0,15 | 9,19 | +0,51 | 9,70 | 18,89 |
| 0,16 | 9,28 | +0,45 | 9,73 | 19,01 |
| 0,17 | 9,31 | +0,39 | 9,70 | 19,01 |
| 0,24 | 9,53 | +0,04 | 9,57 | 19,14 |
| 0,25 | 9,55 | +0 | 9,55 | 19,1 |
| 0,27 | 9,39 | -0,09 | 9,30 | 18,69 |
| 0,28 | 9,49 | -0,14 | 9,35 | 18,84 |
| 0,28 | 9,66 | -0,14 | 9,52 | 19,18 |
| 0,29 | 9,58 | -0,19 | 9,39 | 18,97 |
| 0,3 | 9,69 | -0,23 | 9,46 | 19,15 |
| 0,31 | 9,79 | -0,28 | 9,51 | 19,3 |
| Усереднені значення: | | | 9,58 | 19,04 |

Вважається, що найменш стійкою частинкою серед кислотно-основних похідних діазосполук є діазеноли. Згідно отриманих даних можна оцінити концентрацію діазенолу згідно формули:

$$[ROH] = \frac{[R^+]_0}{1 + \frac{[H^+]}{K_{R^+}} + \frac{K_a}{[H^+]}}$$

Висока концентрація передбачає високу швидкість розкладу антрахіноїл-1-діазонію. Проте, на практиці, встановлено доволі низьку швидкість розкладу.

3.4. Кінетика розкладу діазосполук. Методика визначення швидкості розкладу

Швидкість розкладу антрахінонових діазосполук зручно встановлювати за класичною методикою Цолінгера, що передбачає визначення швидкості зменшення концентрації утворення азосполуки впродовж певного проміжку часу. Варто зазначити, що реакцію розкладу відносять до мономолекулярних реакцій [53]. У свою чергу, мономолекулярною реакцією є така реакція, в елементарному акті якої лише одна молекула зазнає перетворення, тобто без участі інших молекул [6].

Проведення аналізу ґрунтувалося на активній взаємодії розчину, який містить антрахіноїл-1-діазоній (так звана, діазоскладова), з розчином азоскладової, а саме: монокалієвої солі 3-гідроксинафтаген-2,7-дисульфонової кислоти, так званої, R-солі. Внаслідок проходження реакції електрофільного заміщення (азосполучення) утворюється добре розчинний барвник яскраво-червоного забарвлення (рис. 3.3.).



Рис. 3.3. Утворення азобарвника [35].

Для проведення селективного визначення готують серію стандартних розчинів певної буферної системи з деяким вмістом азоскладової, тобто R-

солі. Через визначені проміжки часу до розчину активної азоскладової вносять аліквоту діазосполуки, що розкладається. Внаслідок перебігу реакції розкладу, з плином часу, в аналізованій пробі знижується концентрація діазоній-катионів, що підтверджується утворенням меншої кількості азобарвника. Аналітичним сигналом проходження реакції розкладу діазосполуки слугує менша інтенсивність забарвлення азобарвника під час аналізу з плином часу (рис.3.4.).



Рис. 3.4. Аналітичний сигнал зниження концентрації азобарвника [51].

Концентрація азобарвника в кожній пробі встановлюється спектрофотометрично або за допомогою фотоелектроколориметра (рис. 3.5.).



Рис. 3.5. Фотоелектроколориметр [50].

Перевагою проведення аналізу є селективність процесу в рамках описаного методологічного апарату. Крім того, такий аналіз дозволяє встановити залежність швидкості розкладу від рН середовища, адже для

аналізу можна застосовувати різного роду буферні системи. Популярними є такі буферні розчини, як-от: фосфатний, ацетатний, содовий, лужний, розчин бури (натрій тетраборату), а також розчин соляної кислоти [14].

Кислотно-основні перетворення у різних буферних системах подано нижче у табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

«Кислотно-основні перетворення»

| λ (нм) | HCl (pH=1,16) | | CH ₃ COOH (pH=4,55) | | Na ₂ B ₄ O ₇ (pH=8,93) | | NaOH (pH=11,97) | |
|-------------------|------------------|------|-----------------------------------|------|--|------|--------------------|------|
| | T (%) | D | T (%) | D | T (%) | D | T (%) | D |
| 370 | 42,5 | 0,37 | 54,8 | 0,26 | 45,5 | 0,34 | 56,3 | 0,25 |
| 380 | 50,8 | 0,29 | 64,0 | 0,19 | 55,1 | 0,26 | 62,2 | 0,20 |
| 390 | 53,4 | 0,27 | 64,6 | 0,19 | 57,2 | 0,24 | 64,9 | 0,19 |
| 400 | 53,7 | 0,27 | 60,3 | 0,22 | 54,3 | 0,27 | 68,6 | 0,16 |
| 420 | 51,5 | 0,29 | 48,2 | 0,32 | 43,3 | 0,36 | 70,7 | 0,15 |
| 440 | 50,9 | 0,29 | 41,8 | 0,38 | 36,5 | 0,44 | 68,8 | 0,16 |
| 450 | 52,3 | 0,28 | 41,8 | 0,38 | 36,4 | 0,44 | 68,2 | 0,17 |
| 460 | 55,4 | 0,26 | 44,2 | 0,35 | 38,0 | 0,42 | 70,7 | 0,15 |
| 470 | 60,8 | 0,22 | 48,0 | 0,32 | 40,6 | 0,40 | 72,7 | 0,14 |
| 480 | 65,7 | 0,18 | 53,9 | 0,27 | 44,8 | 0,35 | 74,6 | 0,13 |
| 490 | 72,8 | 0,14 | 61,9 | 0,21 | 51,2 | 0,29 | 76,7 | 0,12 |
| 500 | 79,3 | 0,10 | 70,4 | 0,15 | 57,6 | 0,24 | 78,5 | 0,11 |
| 510 | 84,1 | 0,08 | 77,0 | 0,11 | 62,6 | 0,20 | 77,4 | 0,11 |
| 520 | 88,7 | 0,05 | 84,0 | 0,08 | 69,2 | 0,16 | 82,5 | 0,08 |
| 530 | 93,3 | 0,03 | 89,7 | 0,05 | 73,8 | 0,13 | 83,7 | 0,08 |

Отримані практичним шляхом результати експерименту свідчать про те, що значення констант швидкості розкладу аналізованої діазосполуки залишаються сталими за умови кислого рН середовища. Вже тільки при досягненні рН > 9,5 константа швидкості розкладу зростає та досягає свого

максимуму при рН ~ 11-12. Якщо провести експеримент розкладу аналізованої діазосполуки у розчині, рН якого – лужний, то отримані результати вказують на те, що константа швидкості розкладу – зменшується. Згідно з цим, можна припустити утворення у лужному розчині, так званих, діазенолатів, причому найімовірніше – *E*-діазенолату. Також варто зазначити, що у слаболужному середовищі відзначається існування діазенолів, для яких також характерна геометрична ізомерія [14].

Одержані, в ході досліджень, результати експериментів можна проаналізувати за допомогою графіків (рис. 3.5-3.9).

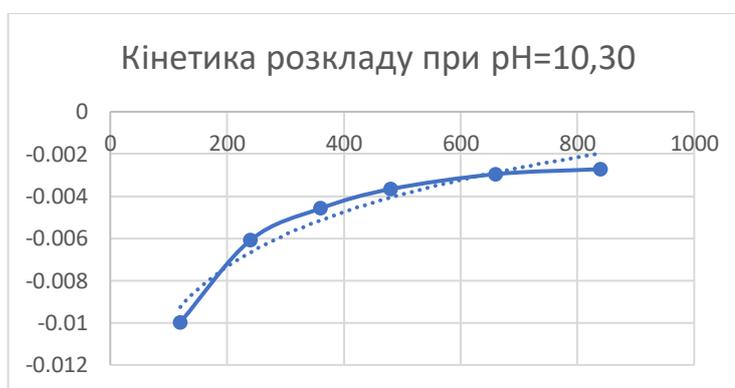


Рис. 3.5. Кінетика розкладу у содовому буфері при фотоопроміненні.

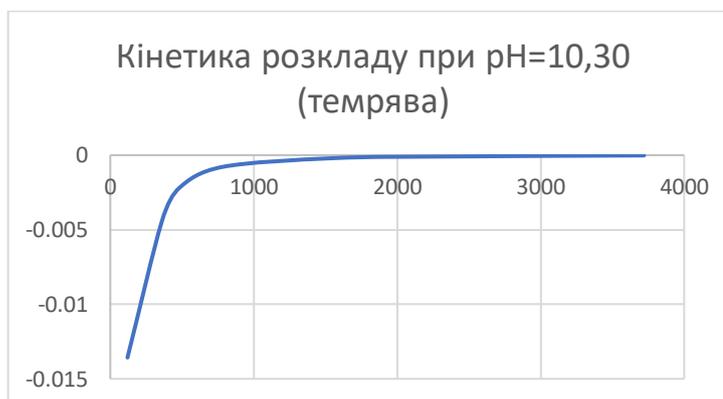


Рис. 3.6. Кінетика розкладу у содовому буфері у темряві.



Рис. 3.7. Кінетика розкладу у буферному розчині бури при фотоопроміненні.



Рис. 3.8. Кінетика розкладу у буферному розчині бури у темряві.



Рис. 3.9. Кінетика розкладу у лужному буфері при фотоопроміненні.

3.5. Розклад діазосполук при нагріванні та фотоопроміненні

Наведемо, ще один факт, щодо стабільності антрахіноїл-1-діазонію, а саме: за умов кислого рН $\sim 1-2$ дана сполука здатна витримати суттєве нагрівання ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$) за умови відсутності фотоопромінення, що було доведено

експериментально (не впливає на значне підвищення швидкості розкладу). Дані подано у табл. 3.3. За умови фотоопромінення (денне світло) швидкість розкладу доволі висока (табл. 3.4.).

Така особливість свідчить про високу стабільність діазосполук антрахінонового ряду, порівняно з аналогічними похідними бензену, що, безумовно, може впливати на сфери і шляхи застосування конкретних похідних у синтезі різного роду речовин, зокрема, азобарвників на такій основі.

Таблиця 3.3.

Стабільність антрахіноіл-1-діазонію при нагріванні за рН~9,8

| Розклад у темряві за температури 50 °С | | | Розклад у темряві за температури кипіння | | |
|--|------|-------|--|------|------|
| t(с) | T(%) | D | t(с) | T(%) | D |
| 0 | 40,6 | 0,39 | 0 | 13,5 | 0,87 |
| 240 | 41,2 | 0,385 | 540 | 44,8 | 0,35 |
| 660 | 41,5 | 0,38 | 840 | 45,2 | 0,34 |
| 1020 | 41,2 | 0,385 | 1200 | 48,1 | 0,32 |
| 2340 | 45,4 | 0,34 | 1980 | 46,6 | 0,33 |
| - | - | - | 2580 | 47,8 | 0,32 |
| - | - | - | 3000 | 50,7 | 0,29 |
| - | - | - | 3720 | 49,3 | 0,31 |
| - | - | - | 6840 | 52,1 | 0,28 |

Таблиця 3.4.

Стабільність антрахіноіл-1-діазонію при дії світла

| Розклад у темряві за температури 25 °С | | | Розклад при дії денного світла за температури 25 °С | | |
|--|------|---|---|------|---|
| t(с) | T(%) | D | t(с) | T(%) | D |

| | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 0 | 10,9 | 0,96 | 0 | 10,4 | 0,98 |
| 2940 | 11,6 | 0,94 | 660 | 20,8 | 0,68 |
| 8220 | 12,2 | 0,91 | 960 | 25,8 | 0,59 |
| 12300 | 42 | 0,38 | 1260 | 30,6 | 0,51 |
| 13440 | 42,2 | 0,37 | 1860 | 42,4 | 0,37 |
| - | - | - | 2520 | 52,4 | 0,28 |
| - | - | - | 4740 | 65,8 | 0,18 |

Але варто зазначити, що при дії видимого світла швидкість розкладу суттєво збільшується з утворенням трьох основних продуктів, а саме: 1-гідрокси-, 1-аміно-, 1-хлорантрахінон, що підтверджувалося хроматографічно та за допомогою спектральних досліджень в інфрачервоному діапазоні. Наявність 1-хлорантрахінону серед продуктів розкладу була доведена інтенсивною смугою поглинань при 700 см^{-1} на ІЧ-спектрі, що може свідчити про заміщення діазогрупи на хлор з отриманням відповідного арилгалогеніду (рис. 3.9-3.12.).

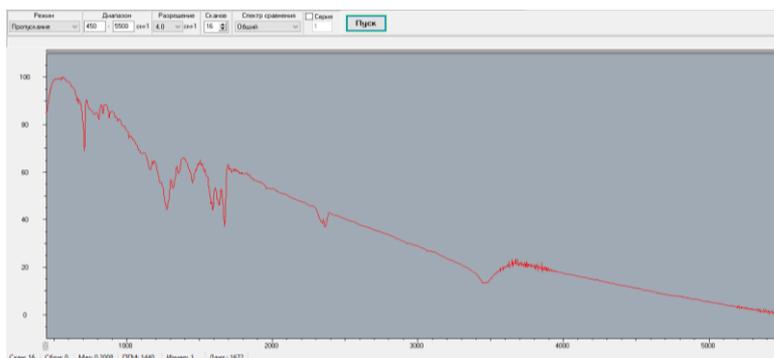


Рис. 3.9. Спектри продуктів розкладу (1).

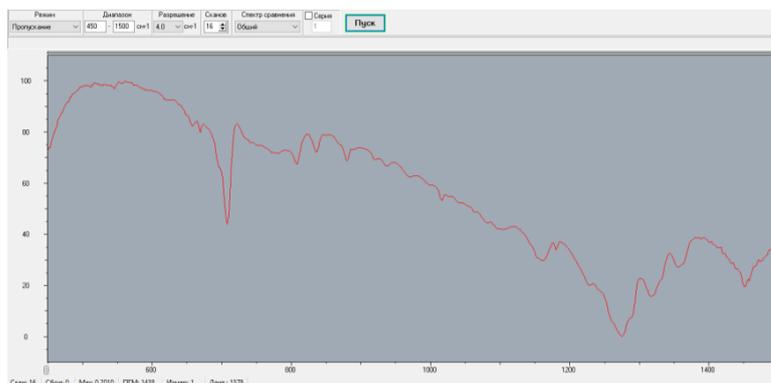


Рис. 3.10. Спектри продуктів розкладу (2).

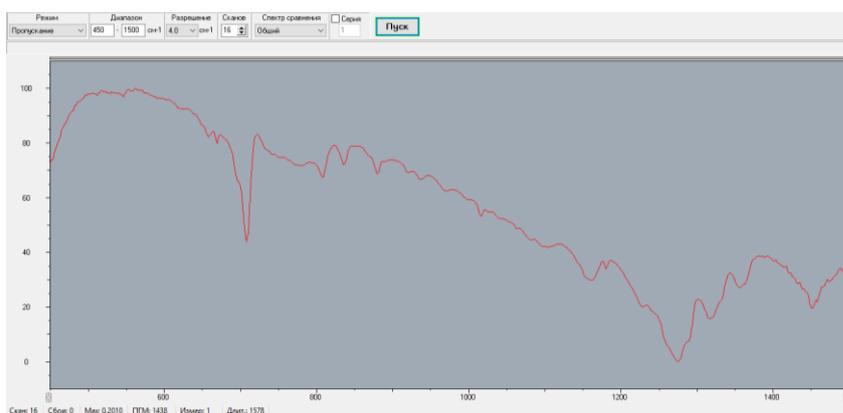


Рис. 3.11. Спектри продуктів розкладу (3).

Проаналізувавши отриманий масив даних підведемо короткий підсумок:

- ✓ Проаналізовано літературні дані стосовно ароматичних діазопохідних: їх будову, стереохімію, властивості, сфери застосування та перспективні напрями їх використання у галузі фармації та медицини.
- ✓ Розглянуто кислотно-основні перетворення діазосполук, особливості їх поведінки в розчинах з різним рН. Визначено значення констант кислотності діазопохідних антрахінонового ряду.
- ✓ Визначено кінетику розкладу антрахіноіл-1-діазонію за різних температурних умов, а також при фотоопроміненні. Отримані результати при розкладі аналізованої діазосполуки у лужному розчині вказують на те, що константа швидкості розкладу – зменшується, що з високою ймовірністю вказує на проходження стереоізомерних перетворень з утворенням – *E*-діазенолату. При досягненні рН > 9,5

константа швидкості розкладу зростає і досягає свого максимуму при рН ~ 11-12.

- ✓ Встановлено основні продукти розкладу, а саме: 1-гідрокси-, 1-аміно-, 1-хлорантрахінон.
- ✓ Отримані результати досліджень опубліковано у постері «Стабільність антрахіноіл-1-діазонію» (додаток Б), та презентовано на конкурсній конференції «Хімічний калейдоскоп» у Полтавському національному педагогічному університеті ім. В. Г. Короленка та нагороджено дипломом I ступеня у 2021 році (додаток В)

3.6. Використання результатів дослідження

Перш за все результати дослідження мають місце, у перспективі для галузі азобарвників, а також для синтезу потенційних біологічно активних речовин – медпрепаратів для боротьби з онкопатологіями, у якості противірусних засобів, зокрема проти COVID-19, а також у якості фунгіцидних та бактерицидних засобів.

Крім того, неможливо переоцінити роль результатів дослідження для педагогічної галузі. По-перше, проведення наукових досліджень дозволяє отримати знання і безцінний досвід у практичній площині про те, як твориться наука. В майбутньому цей досвід обов'язково стане у нагоді для вчителя ЗЗСО, для педпрацівника закладу позашкільної освіти, для викладача чи навіть наукового керівника. По-друге, результати досліджень можуть бути використані при підготовці здобувачів освіти до олімпіад з хімії, хімічних турнірів, різноманітних хімічних змагань та конкурсів, при підготовці до написання наукової роботи для участі в конкурсі Малої Академії наук України.

З методичними рекомендаціями при роботі з обдарованими здобувачами освіти при участі в конкурсі Малої академії наук України у секції хімії можна ознайомитися за лінком:

https://kman.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/metod_him2016.pdf

Важливість роботи вчителя ЗЗСО з обдарованими учнями, розвиток їх здібностей, розширення їх світогляду, мотивація діяльності, натхнення на подальшу роботу і більше захоплення хімічною наукою приховує в собі шалений потенціал. Перш за все, геніальних дітей, спраглих до знань з хімії – небагато. Інколи навіть вчителю потрібно вміти розпізнати прихований потенціал і запалити учня любов'ю до пізнання науки. Але знайти генія – це лише перший крок, далі потрібно «огранити цей діамант, щоб він засяяв». Таким чином, вчитель повинен проводити постійну і систематичну роботу з обдарованими учнями, вміти скерувати їх талант у правильне русло, адже такі діти – скарб і гордість нації. Для здійснення методично правильної роботи і досягнення успішних результатів вчитель повинен бути професіоналом своєї справи, володіти високим рівнем компетентності. Підготовка талановитих учнів до участі в олімпіадах, конкурсах, турнірах вимагає зусиль, проте ці зусилля варті того.

Перше, що необхідно розглянути вчителю при підготовці до олімпіади з хімії – детально ознайомитися з програмовими вимогами та рекомендованою літературою. Таким чином, учень зможе набрати потрібну теоретичну базу знань. Програма та рекомендації щодо підготовки до олімпіади з хімії є за посиланням:

<http://ukrchemolimp.com/index.php?con=prog>

Крім того, доцільно систематично розв'язувати тренувальні вправи, та не зайвим буде розв'язування завдань олімпіад минулих років. Також не слід забувати і про практичну підготовку, адже олімпіада з хімії для III та VI етапів олімпіади містить не лише теоретичний, але й практичний тур. Тому необхідно готуватися і до практичних завдань. Результати поданого у цьому розділі наукового дослідження стануть у нагоді педагогу у підготовці обдарованих учнів як до теоретичного, так і до практичного турів олімпіади з хімії.

ВИСНОВКИ

1. Пошуково-дослідницька діяльність учнів – якісний спосіб мотивації до вивчення дисциплін природничого циклу, що дозволяє гармонійно розкрити весь потенціал учня, вчить його планувати дослідження, самостійно вирішувати проблемні задачі, застосовувати логіко-математичний апарат для вирішення хімічних проблем, розвиває аналітичне, критичне, комплексне мислення та розширює світогляд, а також формує навички презентування проєктів.
2. Реалізація навчальних проєктів – метод, що має широке застосування і не обмежується лише навчальною програмою. Навчальні проєкти можна використовувати на конференціях, на турнірах юних хіміків, різноманітних хімічних конкурсах та квестах, подавати на конкурс МАН та застосовувати при підготовці до олімпіади з хімії.
3. Розглянуті у роботі проєкти стануть у пригоді вчителю, як для заохочення і зацікавлення широкої аудиторії до дослідної діяльності так і для роботи з обдарованими дітьми.
4. Застосування у проєктах великої кількості дослідів дозволяє краще формувати в учнів практичні навички та вміння.
5. Проаналізовано навчальні програми з хімії для учнів 7-9 та 10-11 класів рівня стандарт, поглиблене вивчення, профільний рівень. Виділено основні аспекти фізичної та органічної хімії, які мали місце при виконанні поданих у роботі навчальних проєктів, що стосуються пошуково-дослідницької діяльності здобувачів освіти.
6. Розроблено методичні матеріали та рекомендації щодо змісту навчальних проєктів. Створено нестандартні завдання щодо хімії морозива, апробована методика приготування морозива та дослідження його складників. Проведено анкетування «Морозиво» та проаналізовано його результати. Здійснено кінетичні дослідження та проаналізовано кислотно-основні перетворення антрахіноіл-1-діазонію, за результатами якого створено постер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ICE CREAM IN A BAG [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://therecipecritic.com/ice-cream-in-a-bag/> (дата звернення 03. 12. 2022)
2. Ice Cream in a Bag Science Experiment- Icy Science Fun! [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.steamsational.com/ice-cream-in-a-bag-science-experiment/> (дата звернення 03. 12. 2022)
3. Ice recrystallization inhibition effect of cellulose nanocrystals: Influence of sucrose concentration [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X21004276> (дата звернення 26. 11. 2022)
4. Ice, Cream... and Chemistry [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2013-2014/ice-cream-chemistry.html> (дата звернення 22. 11. 2022)
5. Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694607002300?via%3Dihub> (дата звернення 30. 11. 2022)
6. Monomolecular Reactions [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Monomolecular+Reactions> (дата звернення 28. 11. 2022)
7. SYNTHESIS OF NITROGEN-CONTAINING HETEROCYCLIC COMPOUNDS BASED ON 9,10-ANTHRAQUINONE DERIVATIVES [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://chemistry.dnu.dp.ua/article/view/082013> (дата звернення 26. 11. 2022)
8. The Chemistry of Ice Cream – Components, Structure, & Flavour [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

- <https://www.compoundchem.com/2015/07/14/ice-cream/> (дата звернення 22. 11. 2022)
9. The Chemistry of Ice Cream [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://davidson.weizmann.ac.il/en/online/sciencepanorama/chemistry-ice-cream> (дата звернення 23. 11. 2022)
10. THE SCIENCE OF ICE CREAM: Why should you bother with the science? – Because it will actually help you to make better ice cream! [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.icecreamnation.org/science-of-ice-cream/> (дата звернення 23. 11. 2022)
11. What's ice cream, and why do we scream for it? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cen.acs.org/environment/food-science/What-s-ice-cream-and-why-do-we-scream-for-it/96/i31> (дата звернення 24. 11. 2022)
12. Алгоритм лабораторної роботи білки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/3269912/page:2/>
13. Ванілін: Фармацевтична енциклопедія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1673/vanilin> (дата звернення 30. 11. 2022)
14. ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТАНТИ ШВИДКОСТІ РОЗКЛАДУ 1-АНТРАХІНОЇЛ ДІАЗОНІЮ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3804/deychakivskiy.pdf> (дата звернення 01. 12. 2022)
15. ВИКОРИСТАННЯ ДОМАШНЬОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ХІМІЇ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://eprints.zu.edu.ua/21865/1/%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B0.pdf> (дата звернення 23. 12. 2022)

16. ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК МОТИВАЦІЯ ШКОЛЯРІВ ДО ВИВЧЕННЯ ХІМІЇ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://chem.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/36.pdf> (дата звернення 22. 12. 2022)
17. Домашній хімічний експеримент [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://naurok.com.ua/domashniy-himichniy-eksperiment-37234.html> (дата звернення 23. 12. 2022)
18. Дослідницька діяльність учнів на уроках хімії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vsimosvita.com/doslidnyczka-diyalnist-uchniv-na-urokah-himiyi/>
19. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ МЕТОД НАВЧАННЯ ХІМІЇ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.pnpu.edu.ua/bitstream/123456789/16330/1/36.pdf>
20. Занимательные опыты по химии: в школе и дома [Текст] / Л. А. Яковишин. - Севастополь : Библикс, 2005. - 116 с.: ил. - Библиогр.: с. 112. - ISBN 966-8231-20-1
21. Колосок науково-популярний природничий журнал для дітей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://kolosok.org.ua/> (дата звернення 5. 12. 2022)
22. Методика навчання хімії: навчально-методичний комплект : навчально-методичний посібник / Авт.-укладач Самойленко П. В. – Чернігів : Десна Поліграф, 2020. – 320 с. ISBN 978-617-7833-91-7
23. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://nenc.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/metod_rek2020.pdf
24. Навчальна програма з фізики для 10-11 класів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11->

- [klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf](#) (дата звернення 21.12.2022)
25. Навчальні програми для 10-11 класів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (дата звернення 30. 11. 2022)
26. Навчальні програми для 6-9 класів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas> (дата звернення 30. 11. 2022)
27. Нова українська школа [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrainska-shkola> (дата звернення 28. 11. 2022)
28. НУШ: КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РЕФОРМУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf> (дата звернення 28. 11. 2022)
29. Органічна хімія / О. В. Березан – Тернопіль : Підручники і посібники, 2022. – 208 с. ISBN 978-966-07-3702-0
30. СИНТЕЗ, ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ТРИАЗЕНІВ 9,10-АНТРАЦЕНДІОНУ І ЙОГО ПОХІДНИХ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1273/avtoreferatsabadah.pdf> (дата звернення 30. 11. 2022)
31. Скатол [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BB> (дата звернення 30. 11. 2022)
32. Фізична хімія – фармацевтична енциклопедія [Електронний ресурс] – Режим доступу до

ресурсу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/375/fizichna-ximiya>
(дата звернення 21. 12. 2022)

33. Фізична хімія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F (дата звернення 21.12.2022)
34. Фото: The Chemistry of Ice Cream [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.calpaclab.com/content/v/images/custom/Chemistry-of-Ice-Cream-Final.jpg>
35. Фото: азобарвник [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://chemeducation.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/14/2020/03/20191031_170839-1536x2048.jpg
36. Фото: Ванілін [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c7/Vanillin2.svg/1200px-Vanillin2.svg.png>
37. Фото: Види морозива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.howitworksdaily.com/wp-content/uploads/2018/08/Screen-Shot-2018-08-18-at-10.25.12.png>
38. Фото: Лактоза [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Lactose_cyclic_horizontal.svg/1200px-Lactose_cyclic_horizontal.svg.png
39. Фото: механізм біуретової реакції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studfile.net/html/2706/1/html_CDAZxblw1a.G0dq/img-h14AsT.png
40. Фото: механізм ксантопротеїнової реакції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://chemistnotes.com/wp-content/uploads/2023/02/p3-1024x555.png>
41. Фото: механізм реакції Троммера [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lifelib.info/biochemistry/laboratory/laboratory.files/image018.png>

42. Фото: мікрофотографія морозива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.icecreamnation.org/wp-content/uploads/2011/04/ice-cream-sem.jpg>
43. Фото: нано-морозиво [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Dippin%27_Dots_Rainbow_Flavored_Ice.jpg
44. Фото: ребус [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://rebus1.com/ua/download/download.php?&skip=0&mode=1&slovo=%C%CE%D0%CE%C7%C8%C2%CE>
45. Фото: Різний об'єм морозива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2013-2014/ice-cream-chemistry/_jcr_content/bottomContent/mainContent/columnsbootstrap/column0/textimage/image.img.jpg/1450816683934.jpg
46. Фото: Сахароза [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/Saccharose.svg/300px-Saccharose.svg.png>
47. Фото: Скатола [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Skatole_structure.svg/800px-Skatole_structure.svg.png
48. Фото: Структура жирових глобул морозива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.howitworksdaily.com/wp-content/uploads/2018/08/Screen-Shot-2018-08-18-at-10.25.30.png>
49. Фото: Структура морозива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://miro.medium.com/max/1214/1*LtuJ2iokiltViTbIM0R2PQ.png

50. Фото: Фотоелектроколориметр [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://chemeducation.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/14/2020/03/IMG_20191210_135446-1536x1152.jpg
51. Фото: Хімія розкладу діазопохідних [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://chemeducation.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/14/2020/03/IMG_20191122_125548-1536x1152.jpg
52. Хімічний експеримент як засіб розвитку логічного мислення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://chemeducation.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/14/2019/11/Lecture_5.pdf (дата звернення 23. 12. 2022)
53. Хімія ароматичних азосполук : монографія / Є. Р. Лучкевич. – Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2013. – 289 с.
54. Хімія органічних сполук : підручник для вищих навчальних закладів / С. А. Курта, Є. Р. Лучкевич, М. П. Матківський. – Івано-Франківськ : Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2012. – 608 с. ISBN
55. Хімія. Комплексна підготовка до ЗНО / О. Березан. – Видання 3-тє, виправлене і доповнене – Тернопіль : Підручники і посібники, 2018. – 384 с. ISBN 978-966-07-2332-0
56. Храбатин Ю. А. «Домашній експеримент у шкільному курсі хімії.» – Курсова робота за спеціальністю 014.06 Середня освіта (хімія). – Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника. – Івано-Франківськ, 2022. – 40 с.
57. Що таке фасилітація і як вона може допомогти вчителю в класі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nus.org.ua/articles/shho-take-fasylytatsiya-i-yak-vona-mozhe-dopomogty-vchytelyu-v-klasi/> (дата звернення 28. 11. 2022)

ДОДАТКИ

Додаток А

АНКЕТА «МОРОЗИВО»

Мета: зібрати інформацію про особисті вподобання української молоді та юнацтва щодо споживання морозива та з'ясувати актуальність проблеми «зернистого («пісочного») морозива»

Запитання анкети:

1. Чи любите Ви морозиво? (запитання з однією можливою відповіддю)

- Так
- Ні
- Інше

2. Наскільки сильно Ви любите морозиво за шкалою від 0 до 10, де 0 - взагалі не люблю морозиво, а 10 - не уявляю свого життя без морозива?

Шкала від 0 до 10 балів для оцінки

3. Який різновид морозива Вам смакує найбільше? (запитання з вибором кількох відповідей)

- Класичний пломбір
- Щербет
- Сорбет
- Страчателла
- Шоколадне
- Каштан
- Ванільне
- Лимонне
- З соленою карамеллю
- Фруктове
- Фісташкове
- Бабл-гам
- М'ятне
- Люблю всі види
- Інше

4. Яке фасування морозива Вам найбільше до вподоби? (запитання з вибором кількох відповідей)

- Ріжок
- Вафельний стаканчик
- Ескімо на паличці (головне побільше шоколадної глазури)
- Сендвіч з печива і морозива
- Торт з морозива
- Морозиво у відерку
- Люблю подачу у красивій креманці, щоб виглядало вишукано
- Зручними вважаю великі упаковки, де міститься 1 кг - щоб всім вистачило!!!
- Інше

5. Де Ви переважно смакуєте морозиво? (запитання з однією можливою відповіддю)

- Вдома
- На вулиці
- В кафе
- З друзями
- В кіно
- В гостях
- Інше

6. Як Ви вважаєте, морозиво - корисне для здоров'я? (запитання з однією можливою відповіддю)

- Так, корисне
- Ні, шкідливе
- Не корисне, але і не шкідливе
- Інше

7. Чи доводилось Вам пробувати морозиво зернистої структури (пісочне на смак морозиво)? (запитання з однією можливою відповіддю)

- Так, один раз
- Так, декілька разів
- Ні, ніколи
- Інше

8. Оцініть, будь ласка, якість запитань у цьому анкетуванні за шкалою від 0 до 5, де 0 - опитування зовсім не доцільне, а 5 - було цікаво пройти це опитування.

Шкала від 0 до 5 балів для оцінки.

9. Тут можете висловити Ваші побажання та коментарі стосовно анкетування

Поле з текстом для короткого фідбеку респондентів.

Додаток Б

Постер «Стабільність антрахіноїл-1-діазонію»


<https://nuu.edu.ua/>

СТАБІЛЬНІСТЬ АНТРАХІНОЇЛ-1-ДІАЗОНІЮ

Храбатин Ю. А.

Кафедра хімії середовища та хімічної освіти,

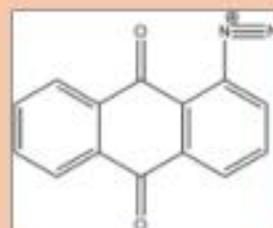
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ 76018, Україна

Особливістю діазосполук ароматичного ряду є різноманітність кислотно-основних перетворень. Поряд з діазоній-катионом, що існує переважно в кислому середовищі, можливе існування в слабколужному середовищі діазенола, а в лужному діазеноліт. Крім того, дві останні форми можуть перебувати в формі Z і E-стереоізомерів. Діазосполуки бензенового ряду добре вивчені, натомість похідні антрахінону не вивчалися. Це пов'язано в першу чергу з тим, що діазосполуки за їх участю не мають особливих переваг перед традиційними азобарвниками. Натомість наявність двох електроновідтягуючих карбонільних груп може призвести до появи специфічних властивостей діазантрахінонів.

Виходячи з отриманих спектрофотометричних титруванням значень констант кислотності катіону $pK_{a1}^+(Z)$ -9,58 та сумарної за участі двох гідроксид-аніонів pK_{a2} -19,04 можна очікувати високу швидкість розкладу антрахіноїл-1-діазонію. Натомість швидкість розкладу виявилася досить низькою.



Отримані значення констант швидкості розкладу зазначаються приблизно постійними за широкого значення pH середовища. Тільки після досягнення значення pH понад 9,5 константа швидкості починає зростати і досягає максимуму за pH 11-12. У сильнолужному середовищі константа швидкості розкладу зменшується. Крім того, відзначається аномальна поведінка антрахіноїл-1-діазонію в реакції азосполучення за різних значень pH середовища. Ймовірно отримані значення pK_{a2} передбачає утворення E-діазенолату.



У кислому середовищі антрахіноїл-1-діазоній надзвичайно стабільний і витримує суттєве нагрівання. Але за умов фотопромінення швидкість розкладу є значною, а основними продуктами розкладу є 1-аміно-, 1-гідрокси-, 1-хлорантрахінон.



Література

1. Hantzsch A., Ber. – 1894, B. 27. – S. 1702.
2. Littler J.S., Trans. Faraday Soc. – 1963. V. 59. – P. 2296.
3. Ritchie C.D., Wright D.J. J. Am. Chem. Soc. – 1971. – V. 93. – P. 2425.
4. Zollinger H. Diazo Chemistry I: Aromatic and Heteroaromatic Compounds. – Weinheim; New York; VCH. – 457 p.
5. Степанов С. Д., Пеккер М. С., Темченко Т. П., ЖОрХ. – 1988. Т. 24. – С. 2145.

Додаток В

Диплом

