

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра хімії

**Кваліфікаційна робота
магістра**

на тему ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНИХ СОРБЕНТІВ У ВИЛУЧЕННІ
НІТРАТІВ З НАТУРАЛЬНИХ СОКІВ

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи 8.1028-з

спеціальності 102 Хімія

освітньої програми 102 Хімія

Мокляк Т.В.

Керівник доцент, доцент, к. х. н. Н.П.Лашко

Рецензент доцент, доцент, к. х. н. О.В.Луганська

Запоріжжя
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Біологічний факультет

Кафедра хімії

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 102 Хімія

Освітня програма Хімія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри хімії, д-р. біол. наук, проф.

О.А. Бражко

«26» квітня 2019 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

Мокляк Тетяні Василівні

1. Тема роботи Властивості природних сорбентів у вилученні нітратів з натуральних соків

керівник роботи Лашко Н.П., доцент кафедри хімії, канд. хім. наук

затверджена наказом ЗНУ від « 25 » травня 2019 р. № 772-с

2. Строк подання студентом роботи 10 січня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи огляд наукової літератури, щодо властивостей природних сорбентів у вилученні нітратів з натуральних соків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): визначити потенціометричним методом вміст нітратів у свіжому томатному та морквяних соках, визначити та порівняти загальне зв'язування (R, %) і коефіцієнт розподілення (D) нітратів на поверхнях досліджуваних сорбентів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) : 6 таблиць, 19 рисунків.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Карпенко Ю.В., к. хім. н., викладач		

7. Дата видачі завдання 15.10.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	жовтень - грудень 2018	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	січень – лютий 2019	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	березень-квітень 2019	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи.	травень, червень, вересень 2019	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень – грудень 2019	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2019	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	січень 2020	Виконано

Студент (-ка)

Т.В. Мокляк

Керівник роботи

Н.П. Лашко

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Ю.В. Карпенко

РЕФЕРАТ

В роботі 58 сторінок, 6 таблиць, 19 рисунків, було використано 60 літературне джерело, 17 з них на іноземній мові.

Об'єкт дослідження - овочеві соки, сорбенти - желатина, бентоніт та поліоксиетилен.

Предмет дослідження - сорбційні властивості сорбентів різної природи по вилученню нітратів із свіжих овочевих соків та пошук ефективних умов сорбції досліджуваних сорбентів.

Мета роботи - визначити властивості сорбентів різної природи по зниженню нітратного забруднення овочевих соків та оптимізувати умови їх використання по показнику ефективності .

Методи досліджень та апаратура - потенціометричний, розрахунковий, графічний, хімічний посуд, рН-метр-іономер «Експерт-001», іонселективний електрод на іон NO^{-3} .

В результаті експериментальних досліджень за розрахованими величинами загального зв'язування (R,%) і коефіцієнтів розподілення (D) нітратів на поверхнях досліджуваних сорбентів підтверджена ефективність використання сорбентів для зниження вмісту нітратів у свіжих соках. Встановлено, що сорбція нітратів описується ізотермою Лангмюра та розраховано термодинамічні характеристики сорбції. Наведені умови обробки натуральних соків сорбентами рекомендовані для очищення соків у виробництві, що має важливе санітарно – гігієнічне значення.

ОВОЧЕВІ СОКИ, ВМІСТ НІТРАТІВ, ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД, СОРБЕНТИ, АДСОРБЦІЯ, ІЗОТЕРМА АДСОРБЦІЇ, ТЕРМОДИНАМІЧНІ КОНСТАНТИ АДСОРБЦІЇ.

ABSTRACT

There are 58 pages, 6 tables, 19 figures in our Master's degree essay; 60 literary sources were used, 17 of which are in foreign language.

Object of study - vegetable juices, sorbents - gelatin, bentonite and polyoxyethylene.

The subject of the study is the sorption properties of sorbents of different nature for the extraction of nitrates from fresh vegetable juices and the search for effective sorption conditions of the studied sorbents. The purpose of the work is to determine the properties of sorbents of different nature to reduce nitrate contamination of vegetable juices and to optimize the conditions of their use in terms of efficiency.

Research methods and apparatus - potentiometric, calculated, graphical, chemical vessels, pH-meter-ionomer, «Expert-001», ion-selective electrode for NO₃ ion.

Experimental studies on the calculated values of total binding (R,%) and distribution coefficients (D) of nitrates on the surfaces of the studied sorbents confirmed the effectiveness of the use of sorbents to reduce the content of nitrates in fresh juices. It was found that nitrate sorption is described by the Langmuir isotherm and the thermodynamic characteristics of sorption are calculated. The given conditions of treatment of natural juices with sorbents are recommended for purification of juices in production, which is of important sanitary – hygienic importance.

VEGETABLE JUICE, NITRATE CONTENT, POTENTIOMETRIC METHOD, SORBENTS, ADSORPTION, ADSORPTION ISOTHERM, THERMODYNAMIC ADSORBING CONSTANTS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОНІХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1 Актуальність проблеми забруднення свіжих соків нітратами.....	10
1.2 Характеристика нітратів, нітритів, нітрозамінів.....	11
1.3 Токсичний вплив нітратів на рослини.....	16
1.4 Очищення овочевих та фруктових соків від нітратів.....	19
1.5 Використання адсорбційних процесів для підвищення якості соків.....	22
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
2.1 Потенціометричний метод визначення вмісту нітратів в овочевих соках....	26
2.2 Побудова ізотерми адсорбції та розрахунок термодинамічних констант	28
2.3 Желатин.....	29
2.4 Бентоніт.....	31
2.5 Поліоксиетилен.....	32
2.6 Статистична обробка результатів експерименту.....	33
3 ЕКСПИРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	34
3.1 Дослідження сорбції нітратів із овочевих соків.....	34
3.2 Термодинамічна характеристика сорбції нітратів із овочевих соків сорбентами різної природи.....	36
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
ВИСНОВКИ.....	51
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК- гранично допустима концентрація

ЖЕЛ – желатин

БЕН – бентоніт

ПОЕ – поліоксиетилен

Γ_{∞} – гранична адсорбція

K – константа адсорбції

NO_3^- – нітрат – іон

ІЕТ – ізоелектрична точка

R, % – загальне зв'язування

D – коефіцієнт розподілення

ВСТУП

Проблема накопичення нітратів у рослинній сировині та продукції з неї пов'язана з повсякденним використанням мінеральних добрив, хімізацією сільського господарства, погіршенням екології. За даними МОЗ України, вміст нітратів в 10 % рослинної продукції повсякчасно перевищує гранично допустимі рівні, у зв'язку з цим введено нормування кількості нітратів в овочевій продукції.

На 1 кг маси тіла добова допустима доза нітратів не перевищує 3,7 мг, а нітриту - 0,2 міліграм на кг маси тіла. Основна частина нітратів (70 %) вживається з овочами, близько 20 % - з питною водою [1].

Сільське господарство у сучасному світі не може надати екологічно чисту продукцію. У зв'язку з цим пошук і розробка заходів, що дозволяють знизити надходження нітратів в організм людини є однією з актуальних проблем сьогодення. Одним із заходів зниження нітратів є вирощування різних сортів культур з низькою здатністю до накопичення азотистих сполук [2]. Способів зберігання і обробки харчової продукції впливає на зменшення вмісту нітратів у продукції рослинного походження. На сьогоднішній день актуальним залишається пошук найбільш правильних режимів зберігання і переробки свіжої рослинної продукції, які забезпечують зниження вмісту нітратів у продуктах харчування [3].

В зв'язку з цим мета роботи - визначити властивості сорбентів різної природи по зниженню нітратного забруднення овочевих соків та оптимізувати умови їх використання по показнику ефективності .

Завдання роботи :

- визначити потенціометричним методом вміст нітратів у свіжому томатному та морквяному соках ;
- визначити та порівняти загальне зв'язування (R , %) і коефіцієнт розподілення (D) нітратів на поверхнях досліджуваних сорбентів;

– побудувати ізотерми сорбції та розрахувати термодинамічні характеристики сорбції досліджуваних сорбентів;

– експериментально підтвердити можливість оптимізації вибору сорбенту для отримання овочевих соків зі зниженим вмістом нітратів.

Об'єктами дослідження було вибрано свіжі овочеві соки (томатний і морквяний) та сорбенти різної природи (бентоніт, желатин, поліоксиетилен).

Новизна роботи полягає в тому, що результати дослідження створюють передумови для отримання овочевих соків зі зниженим вмістом нітратів, що має важливе санітарно-гігієнічне значення.

Публікації : VIII Регіональна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук».

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Актуальність проблеми забруднення свіжих соків нітратами

Проблема забруднення овочів та фруктів нітратами походить з другої половини ХХ століття. Накопичення великого вмісту нітратів у рослинах відбувається, коли вони засвоєні в надлишкових кількостях. Доведено, що зі збільшенням кількості протеїнів в рослинах та зі зменшенням цукрі – рівень вмісту нітратів підвищується. Під час вирощування овочевих культур оптимальною дозою нітратів вважається 100 кг/г [4].

Тип та склад ґрунту суттєво впливає на кількісний склад нітратів в овочах. Кількість добрив зменшують для ґрунтів із незначним вмістом фосфору, калію та мікроелементів, для дуже кислих (рН, КСІ < 4) і з великим вмістом мінерального азоту їх взагалі заборонено до вживання. На накопичення нітратів в овочах великою мірою впливає відносна вологість повітря, особливо при вирощуванні культур на поливних ґрунтах [5].

Згідно з даними досліджень, існує широке розмаїття вмісту нітратів в овочах, від менш ніж 1 мг в 100г до більш ніж 1000 мг в 100г. Досліджено значення 10800 мг/кг для зразка селери, вирощеного за допомогою гідрофонічної техніки. Вміст нітратів органічно вирощених овочів був вищим, ніж у традиційно вирощених овочів.

Вміст нітратів і нітритів в овочах надзвичайно змінювався і змінювався від країни до країни і регіону, що було виявлено в ряді досліджень. Було повідомлено про великі коливання вмісту нітратів між різними зразками одного і того ж овоча. Ці варіації можна пояснити головним чином екологічними, генетичними та харчовими факторами. Cardenas-Navarro et al. стверджували, що накопичення нітратів в тканинах рослин може бути пов'язано з дисбалансом між поглинанням нітрату та його засвоєнням [6].

Людство вже давно замислюється про стан навколишнього середовища, у тому числі й про забруднення його нітратами, а також про вплив їх на здоров'я,

тому проводиться контроль за використанням азотних мінеральних добрив на полях.

Але всім відомо, що рослин без нітратів не існує. Тоді постає запитання: як уникнути отруєння організму при використанні азотних добрив?

Варто зазначити, що максимальну кількість нітратів за даними лабораторії облСЕС накопичують в :

- буряк при ГДК не більше 1400 мг/кг, min 1800 - max 3400;
- кабачок ранній при ГДК не більше 600 мг/кг, min 650 - max 919;
- капуста рання при ГДК не більше 800 мг/кг, min 919 - max 1945;
- картопля рання при ГДК не більше 240 мг/кг, min 286 - max 539;
- редис ранній при ГДК не більше 1200 мг/кг, (min 1450 - max 1500);
- диня при ГДК не більше 90 мг/кг, min 123 - max 366.

Мінімальну кількість їх накопичують помідори, перець солодкий, цибуля, а також усі фрукти : яблука, груші, виноград, полуниця) [7].

1.2 Характеристика нітратів, нітритів, нітрозамінів

Нітрати - це солі нітратної кислоти (HNO_3 рис. 1.1), які є нормальним продуктом обміну азотистих речовин будь-якої живої істоти.

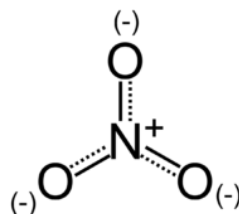
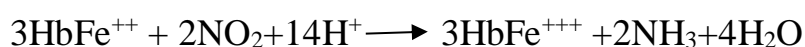


Рисунок 1.1 – Структурна формула нітратної кислоти

В рослини нітрати надходять із ґрунту. Встановлено, що за останні десять років значно зріс попит на використання азотних добрив, що призвело до

перевантаження ґрунтів нітратами, яке оцінюється майже в 150–350 мг на людину за добу й зростання його стрімко продовжується.

Шкідливі здоров'ю людини не самі нітрати, а продукти їхнього окислення - нітрити, які утворюються в організмі під впливом мікрофлори шлунково-кишкового тракту [8]. Нітрити блокують гемінові ферумвмісні ферменти. Вони окислюють двовалентний ферум гемоглобіну крові, міоглобіну серцевого і скелетних м'язів та цитохром оксидази нервової тканини у тривалентний:



Найпершими до групи ризику потрапляють люди та особливо діти, зі зниженою кислотністю шлункового соку та хворі на гастрит. У зв'язку з цим процес накопичення та згубний вплив нітратів у них відбувається інтенсивніше. Важливо знати, що нітрити утворюють високотоксичні сполуки - нітрозаміни, які належать до канцерогенів прямої дії, які шкідливо впливають на шлунково-кишковий тракт.

Нітрати – основний постачальник азотного живлення рослини, поряд з тим надлишок цих сполук призводить до важких наслідків для екології всієї планети, що згубно впливає на здоров'я всього живого [9, 10].

Систематичний вплив солей нітратної кислоти на організм людини зменшує в організмі кількість вітамінів А (рис.1.2), В₁₂ (рис.1.3), С (рис.1.4), В₁ (рис.1.5), що позначається на зниженні його стійкості до дії різних негативних факторів, у тому числі й онкогенних [11].

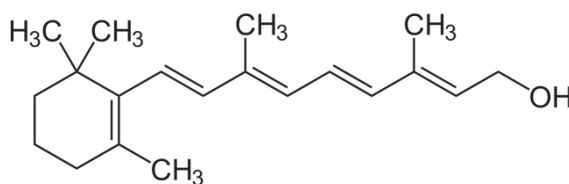


Рисунок 1.2 – Структурна формула вітаміну А

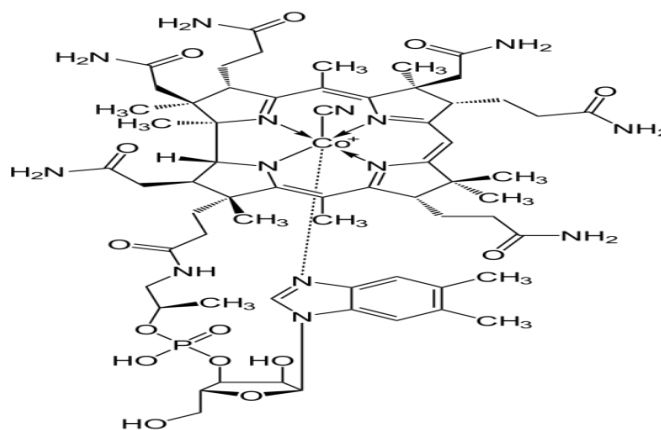
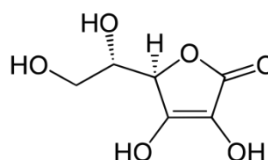
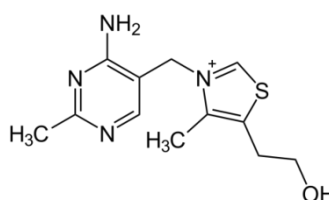
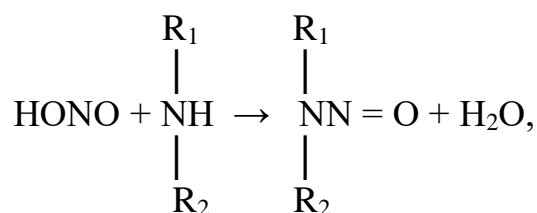
Рисунок 1.3 – Структурна формула вітаміну В₁₂

Рисунок 1.4 – Структурна формула вітаміну С

Рисунок 1.5 – Структурна формула вітаміну В₁

Крім того, із нітритів у присутності амінів можуть утворюватись N - нітрозаміни (рис. 1.5), які мають канцерогенну активність (тобто сприяють утворенню ракових пухлин), мутагенну та тератогенну дію [12]. Схема їх утворення має наступний вигляд:



де R₁, R₂ – алкільні, арильні, гетероциклічні радикали.

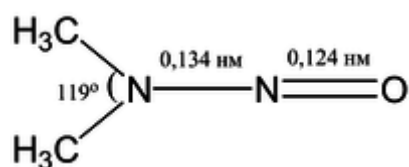
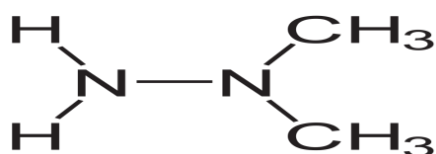
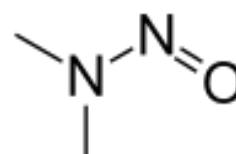


Рисунок 1.6 – Будова найпростішої N - нітрозаміни

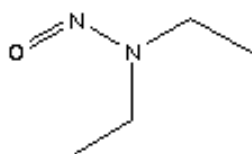
Нітрозаміни утворюються і в навколишньому середовищі. Під час досліджень було з'ясовано, що за добу людина може отримати близько 1мкг нітрозосполук із питною водою - 0,01 мкг, із повітрям - 0,3 мкг, але ці кількості можуть значно коливатися в залежності від ступеня забруднення навколишнього середовища. Широкий спектр нітрозосполук утворюється в результаті технологічної обробки сировини і напівфабрикатів. Найбільше розповсюдження набули наступні нітрозосполуки (рис. 1.6) :



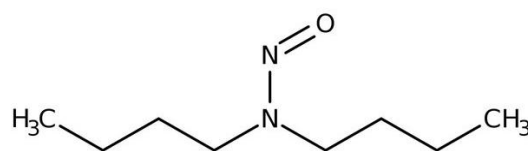
N-нітрозодиметиламін (НДМА)



N-нітрозопропіламін (НПА)



N-нітрозодіетиламін (НДЕА)



N-нітрозодибутиламін (НДБА)

Рисунок 1.7 – Будова нітрозосполук

Для запобігання утворення N-нітрозосполук реально тільки знизити вміст нітратів і нітритів у харчових продуктах, бо кількість нітрозованих амінів і амідів дуже велика.

Способи зменшення нітрузоамінів в раціонах :

- вживання інгібіторів утворення нітрузоамінів (танін, вітаміни А ($C_{20}H_{30}O$), РР ($C_6H_5NO_2$), В₂ ($C_{17}H_{20}N_4O_6$), В₁ ($C_{12}H_{17}N_4OS$), цистеїн

($\text{HO}_2\text{CCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{SH}$), сірка (S), феноли, кофеїн ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$), глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), глютамін ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_3$), а також пірол ($\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$), індол ($\text{C}_8\text{H}_7\text{N}$), гідразин (N_2H_4), сквален ($\text{C}_{30}\text{H}_{50}$), йодид калію) (рис.1.8);

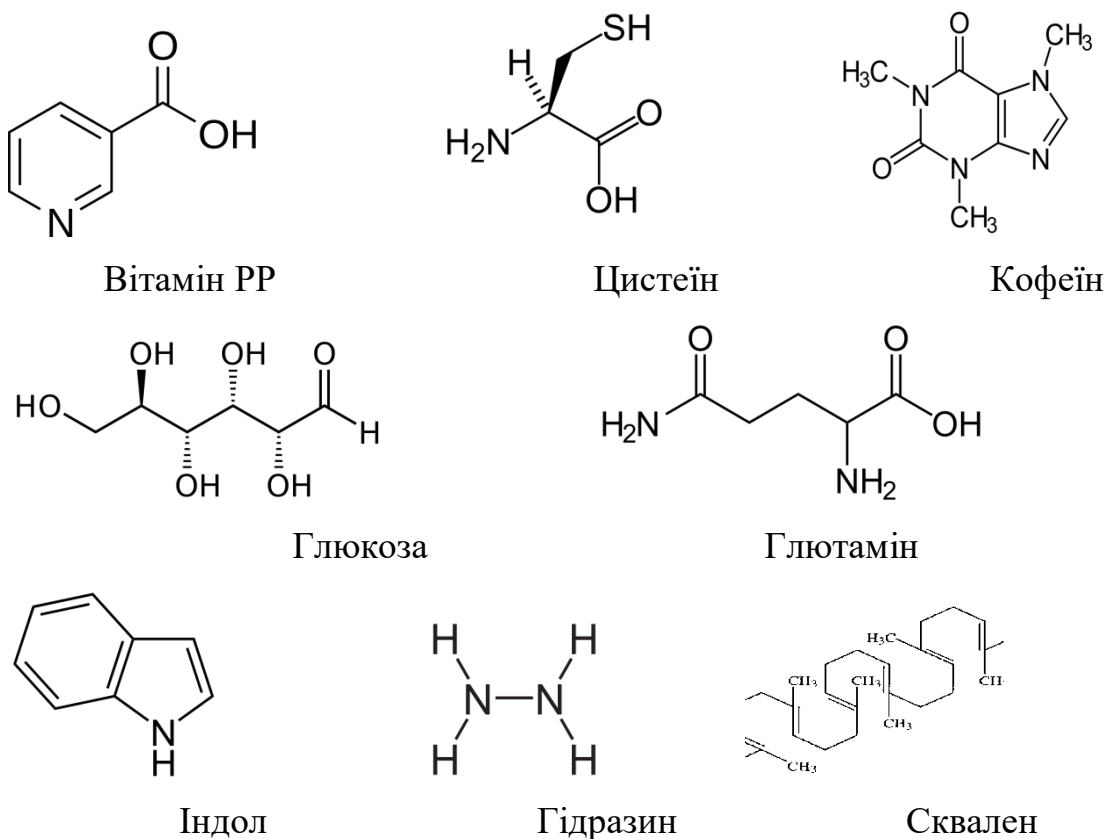
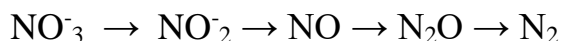


Рисунок 1.8 – Будова ігібиторів утворення нітрозамін

- відмова від використання нітритів у м'ясних консервах та ковбасних виробках;
- ультрафіолетове опромінення м'ясної продукції або дія g-променями, вільними електронами;
- проведення вакуумуванням харчових продуктів;
- процес приготування їжі проводити у відкритому посуді – це сприяє видаленню летких нітрузоамін;
- додавання до м'ясних продуктів білкових добавок рослинного походження (ізоляти, концентрати);
- оновлення якості технології виробництва [13-14].

Суттєве зниження синтезу нітрозосполук може бути досягнуте шляхом добавляння до харчових продуктів аскорбінової або ізоаскорбінової кислот, або їх натрієвих солей. Одним із ефективних способів, перешкоджаючих переходу нітратів у нітрити і нітрозаміни є використання в їжу продуктів, які містять таніни. Ферменти денітрифікуючих бактерій перетворюють нітрати та нітрити в азот за схемою :



Різноманітність факторів, що впливають на накопичення нітратів у рослинній продукції, обумовлюють також різноманітність технологічних підходів, що забезпечують дотримання гігієнічних вимог щодо їх допустимого рівня [15-17].

1.3 Токсичний вплив нітратів на рослини

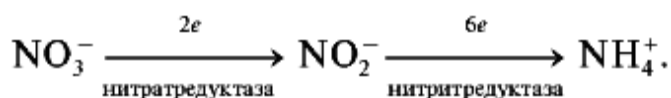
Раціоналізація застосування добрив є важливим питанням для сталого сільського господарства, оскільки вона може зменшити негативний вплив сільського господарства на навколишнє середовище. Спільний комітет експертів Продовольчої та сільськогосподарської організації (JECFA) Організації Об'єднаних Націй / Всесвітньої організації охорони здоров'я та Наукового комітету з харчових продуктів Європейської Комісії (ЄК) встановили допустимий добовий прийом нітратів 0-3,7 мг·кг⁻¹ ваги тіла. Референтна доза для нітратів у США (EPA) еквівалентна приблизно 7,0 мг · кг⁻¹ ваги тіла на добу [18-19].

Найбільше нітратів нагромаджують коренеплоди і овочі, найменше – злакові. В огірках, кабачках, баклажанах вміст нітратів зменшується від плодоніжки до верхівки, у плоді - від шкірки до осердя [20] .

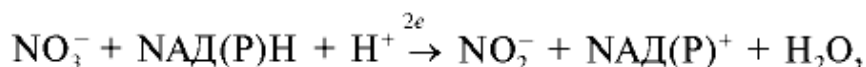
Аналіз наукових праць, присвячених проблемі накопичення нітратів в рослинах, свідчить, що при зберіганні овочів упродовж 7 міс. вміст нітратів в них, в порівнянні з його вмістом під час закладання на зберігання, знижується: у цибулі на 15,4 %, картоплі - на 36,5 %, капусти - 32,5 %, моркві - 55,6 %, буряках - на 60,2 % [21].

Спілі плоди вміщують менше нітратів, ніж зелені. Більш інтенсивне забарвлення свідчить про менший вміст нітратів. Усе це варто враховувати при використанні овочів у їжу і, особливо, при харчуванні дітей [22-23].

Нітрати в рослинах перетворюються за схемою :



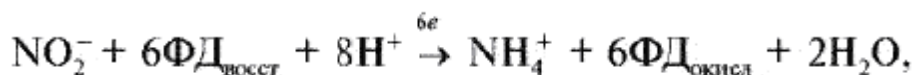
Перший етап відновлення нітрату відбувається за рівнянням :



де НАД(P)H - нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат відновлений, НАД(P)⁺ - нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат окислений.

Нітратредуктаза - фермент класу оксидоредуктази, яка синтезується в клітках у відповідь на надходження NO₃⁻; на нього особливо багате молоде листя і кінчики коріння.

Нітрит, що утворюється, не накопичуються, а швидко відновлюються до NH₄⁺ за допомогою ферменту – нітритредуктази :



де ФД - ферредоксин - залізовмісний білок, що виконує функції перенесення електронів [24].

МОЗ України у 2013 році видало наказ про максимальний рівень вмісту забруднюючих речовин у харчових продуктах, в якому норми рівня нітратів відповідають показникам, які вказані в таблиці 1.1 [25].

Таблиця 1.1 – Максимально допустимі рівні нітратів у плодоовочевій продукції

№ з/п	Харчові продукти	Максимальні рівні, мг NO ⁻³ /кг	
1.1	Капуста білокачанна	Рання (до 01 вересня)	900,0
		Пізня	500,0
1.2	Томати		150,0
1.3	Морква	Рання (до 01 вересня)	400,0
		Пізня	250,0
1.4	Картопля		250,0
1.5	Огірки	Захищений ґрунт	300,0
		Відкритий ґрунт	150,0
1.6	Буряк столовий		1400,0
1.7	Цибуля ріпчаста		80,0
1.8	Листові овочі	Захищений ґрунт	3000,0
		Відкритий ґрунт	2000,0
1.9	Перець солодкий	Захищений ґрунт	400,0
		Відкритий ґрунт	200,0

Вилучити нітрати в рослинній сировині до кінця неможливо, та й нема резону, так як разом з ними у рослині зникають всі вітаміни. Проте зменшити їх кількісний вміст можливо. Варто зазначити, що вміст нітратів в овочах змінюється під час зберігання і приготування їжі. Насамперед, під час варіння, бланшування, консервування, засолення, очищення рівень нітратів в овочах в основному знижується. Наприклад, чищення картоплі від шкірки знижує концентрацію нітратів приблизно на 30-40%. Квашення, консервування, соління, маринування призводить до зменшення концентрації нітратів в овочах, обумовлене їх участю в ланцюзі відновлення Нітрогену :



Безпечна продукція - це продукція, яка пройшла санітарно-ветеринарну експертизу, має сертифікат якості або відповідні експертні документи і реалізується в місцях дозволених для торгівлі [26].

1.4 Очищення овочевих та фруктових соків від нітратів

Споживання мінімально перероблених фруктів і овочів за останні роки зросло. В даний час використання хімічних консервантів не в змозі гарантувати безпеку мінімально оброблених фруктів і овочів. Ці умови стимулювали дослідження альтернативних методів підвищення їх безпеки та терміну зберігання [27].

На сьогоднішній день є безліч методів визначення нітратів в рослинній продукції. Для проведення лабораторного контролю та вмісту нітратів в харчових продуктах використовують такі методи :

- фотокolorиметричний - коли нітрати досліджують на трансформування нітратів у нітриту з наступним синтезом барвників, цей метод є універсальним тому, що може використовуватись під час контролю продуктів, які містять галогеніди та інші домішки, а також його застосовують для визначення нітратів, нітриту в усіх видах продукції;
- хроматографічний метод ВЕРХ/ ІО для визначення вмісту нітратів в овочах та овочевих продуктах оберненою фазою (ВЕРХ) із ультрафіолетовим (УФ) виявленням чи іонообмінною високоефективною рідинною хроматографією (ІО) із виявленням за провідністю;
- ферментативне визначення у водному розчині зразка за допомогою спектрометричного вимірювання кількості NADPH, витраченої у наступній реакції: Нітрат + NADPH + H⁺ → нітрит + NADP⁺ + H₂O , фермент - нітратна редуктаза, витрачена кількість NADPH еквівалентна кількості нітрату.

Найрозповсюдженіший та визнаний метод контролю за вмістом нітратів в овочах та фруктах - фоновиметричний (іоноселективний). Цей принцип ґрунтується на проведенні екстракції нітратів із аналізованого матеріалу розчином алюмокалієвого галууну (квасців) та подальшим визначенням концентрації нітратів в отриманій витяжці, використовуючи іонселективний електрод в парі з електродом - порівняння (хлор-срібним насиченим), типу ЕВЛ - 1МЗ за ТУ - 25.05.2181 - 77. Сольова успензія 1%-го розчину алюмокалієвого галууну використовується у пропорції: розчин як 1 : 2,5 - для ґрунтів, 1 : 100 - для сухих рослин і кормів, 1 : 4 - для свіжого сирого рослинного матеріалу. Визначення проводять за допомогою іонометра, рН - мілівольтметра. Нижня межа визначення нітратів у пробі зразка - 30 мг/кг [28].

Повноцінне харчування людини передбачає обов'язкове вживання овочів, фруктів, а також натуральних соків.

Серед соків особливо корисними буряковий та морквяний.

При моніторингу нітратів у сировині для виготовлення соків, у свіжовичавленому соці та при його зберіганні протягом 2 годин встановлено, що у картоплі, зразках томатів та огірків, червоному буряці, моркві, нітрати фіксували до та після видалення шкірки. Дослідники дійшли висновку, що найбільшу кількість нітратів (до 5000 мг/кг) накопичують : кріп, салат, ревінь, буряк червоний, редис, редька, капуста брокколі.

Значно менше нітратів накопичують томати, солодкий перець, горох, квасоля, картопля, цибуля, часник.

Середня кількість (до 1000 мг NO_3^-/Kg) припадає на капусту, моркву, огірки, селеру, баклажани.

Доведено, що концентрація NO_3^- іонів в аналізованих соках залишався практично без змін, впродовж двох годин їх зберігання у відкритому посуді. Зменшення нітратів на 2,3 - 5% може бути похибкою визначення, а 2-х годинне зберігання соків не призводить до відновлення нітратів до нітритів [29].

У свіжих, непошкоджених овочах концентрації нітритів зазвичай дуже низькі. Накопичення нітритів в овочах інгібується під замороженням

зберіганням, оскільки інактивується ендогенна нітратредуктаза, фермент, що відновлює нітрати до нітриту [30].

Вимочування у холодній воді протягом 1 години картоплі, моркви, столового буряка, брукви, капусти призводить до зниження концентрації нітратів на 5 -30%.

Більш ефективна гаряча водна витяжка (відварювання), яка вилучає до 85% нітратів з овочів, в тому числі з коренеплодів (моркви, буряка).

Якщо рослина має високий рівень нітратів вона набувають гіркуватого смаку. Щоб позбутися більш нітратної частини з рослини потрібно видалити : у капусти - качан, верхні листки і прожилки листя, в огірка – задню частину і шкірку.

Істотне зниження нітратів спостерігається, якщо подрібнені овочі підлягають глибокій кулінарній обробці - бланшуванню з подальшою заміною бланшувальної води новою порцією гарячої води і відварюванню до готовності. Таким чином буряк, морква, капуста, картопля можуть знизити рівень нітратів до 59-80 %.

Доведено, що маринування є найбільш простим та доступним способом зниження нітратів до 43% та веде до більш цілісного зберігання вітаміну С ($C_6H_8O_6$) - 83,4%, втрата якого при відварюванні становить - 47,2%.

Тушкування капусти зменшує вміст нітратів у готовому продукті на 23,3%.

При квашенні овочів вміст нітратів у продукті знижується до 30%, у зв'язку з переходом їх у розсіл. Мікробіологічні процеси, що відбувається при квашенні відновлюють нітрати до більш відновлених форм азоту, у тому числі й газоподібних. Доведено, що при початковому бродінні (до 7 днів) з'являються нітриту, рівень яких у подальшому знижується до 0 [31].

Стерилізація соків, призводить до знищення патогенної мікрофлори, що в свою чергу пригнічує утворення нітритів.

Відомі методи очищення овочевих соків за допомогою процесів: фільтрування, осадження, центрифугування; оброблення ферментними препаратами; освітлення в електричному полі та інші [32].

1.5 Використання адсорбційних процесів для підвищення якості соків

У 1773 році шведський хімік Шеєле описав досліди з поглинанням газів активованим вугіллям. Швейцарський хімік Соссюр у 1814 році один з перших дослідив поглинальну властивість газів. А у ХХ сторіччі явище адсорбції одержало теоретичне обґрунтування в роботах Гіббса, Ленгмюра, Полянї та інших вчених. Роботи Шилова М.О. та Зелінського М.Д. з адсорбції газів на активованому вугіллі, викликані розробкою протигазів в часи I світової війни, сприяли подальшому вивченню адсорбції на твердих адсорбентах [33].

Варто зазначити, що адсорбція із розчинів на твердому адсорбенті набагато складніший процес, ніж адсорбція газів. Розчини зазвичай - це двухкомпонентна система, яка складається із розчиненої речовини та розчинника.

Адсорбція молекулярної розчиненої речовини в залежності від її врівноваженої концентрації характеризується звичайною ізотермою адсорбції. Ізотерма адсорбції із розбавлених розчинів описується формулою 1.1 Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{max} \cdot \frac{bc}{1+bc} \quad [1.1]$$

де, c - врівноважена концентрація речовини в розчині;

b - константа рівноваги реакції;

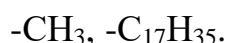
Γ_{max} - гранична адсорбція.

Значний вплив на адсорбцію із розчинів вказує природа його адсорбенту, розчинника і розчиненої речовини. Як адсорбенти найпоширенішими є активоване вугілля, силікагель, глина та пористе скло.

Дослідники дійшли висновку, що гідрофобні адсорбенти (вугілля, тальк) краще адсорбують органічні (дифільні) речовини із водних розчинів. Гідрофільні адсорбенти (силікагель, глина) краще адсорбують їх із неполярних або слабополярних рідин.

Адсорбіти за своєю природою бувають полярні і неполярні, або дифільні, які з'єднують у собі одночасно полярну і неполярну групи.

Неполярна група - гідрофобна частина молекули (вуглеводне коло), позначається рисою:



Полярні групи - гідрофільні групи молекул, позначаються:



Усі дифільні адсорбтиви називають поверхневоактивними речовинами, які знижують поверхневий натяг рідини. Зменшення поверхневого натягу тим більше, чим більше цієї речовини у рідині. Поверхневий натяг буде тим більше знижуватися, чим довший вуглеводневий ланцюг [34-35].

Методами очищення овочевих і фруктових соків є також їх оброблення сорбентами, зокрема шунгітом.

Шунгіт - універсальний сорбент, який являє собою фулереноподібний (фулерени - глобулярна форма існування вуглецю) метастабільний вуглець. Він активно адсорбує пектинові речовини, колоїдне залізо, нітрати, пестициди, радіонукліди, солі важких металів, проявляє бактерицидні властивості.

Шунгіт містить близько 60% вуглецю та 40% породотворюючих мінералів: SiO_2 - 36,46%; Al_2O_3 - 4,05%; Fe_2O_3 - 1,01%; K_2O - 1,23%; Fe_2O - 0,34%; CaO - 0,12%; MgO - 0,56%; Na_2O - 0,36% та інші, що обумовлює унікальне поєднання фізико-хімічних властивостей адсорбенту.

Авторами було досліджено адсорбційну спроможність шунгіту до та після температурної активації, щодо пектинових речовин соку столового

буряка. Отримані результати порівнювали за допомогою ефекту очищення, який визначали за формулою 1.2 :

$$E = 100 \cdot (K_1 - K_2) / K_1, \quad [1.2]$$

де K_1 і K_2 - кількість пектинових речовин у соку столового буряка до та після оброблення його шунгітом.

Усереднені данні наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Ефект очищення соку столового буряку від пектинових речовин шунгітом, термоактивованим при різних температурах

Назва адсорбенту	Температура активації, °С	Тривалість активації, хв.	Ефективність процесу адсорбції по пектиновим речовинам, %
Термоактивований шунгіт	70...90	60...90	18
	90...100	60...90	40
	100...120	60...90	40
	Не термоактивований шунгіт		8

Для отримання прозорих соків їх оклеюють желатиною чи мінеральними речовинами при центрифугуванні, фільтрації та осадженні. Зазвичай обирають бентоніт - порошок світло-сірого кольору, 80 % якого становить колоїдна фракція.

Здатність бентоніту до набухання призводить до збільшення адсорбційної поверхні. При набуханні 1 г бентоніту він здатний ввібрати 40 г води.

Обробка бентонітом включає три процеси - адсорбцію, коагуляцію та седиментацію. При перемішуванні адсорбція відбувається стрімко, а коагуляція тільки тлді, коли бентоніт знаходиться в колоїдному стані.

Катіони бентоніту адсорбують білкові та пектинові речовини, ферменти, прості і складні білки (якщо рН соку нижче рН білка), завислі частинки соку, що мають заряд.

Розмелений на колоїдних машинах бентоніт перед використанням заливають чотирикратною кількістю води. Суміш нагрівають до 70 - 75 °С та залишають на 24 години для набухання, після чого перемішують і готують суспензію (5-10 %), яку проціджують крізь металеву сітку з отворами 3 мм. На освітлення яблучного суслу витрачають 0,5 - 1 г/л бентоніту.

Розроблено параметри і апаратурне оформлення способу очищення дифузійного соку з використанням $Al(OH)_3$ в нанорозмірному стані в якості додаткового реагенту на попередньому прогресивному вапнуванні за схемою з відокремленням осаду нецукрів до основного вапнування, що забезпечує підвищення чистоти очищеного соку на 1,0%, зниження в ньому вмісту солей кальцію на 45,9%, зниження забарвленості соку на 53,3%, зростання ефекту очищення на 9,1% [36-38].

Таким чином, актуальним залишається питання пошуку нових видів сорбентів та вивчення умов їх ефективного використання по зниженню нітратного забруднення овочевих соків.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Потенціометричний метод визначення вмісту нітратів в овочевих соках

В роботі досліджували сік моркви та томатів на наявність нітратів. В якості сорбентів використовували дисперсний мінерал бентоніт, желатин та синтетичний флокулянт поліоксиетилен (ПОЕ).

Готували сік за допомогою блендера. В конічну колбу вносили 0,1 г сорбенту та додавали 100 мл овочевого соку. Колби періодично струщували. Шляхом фільтрування відділяли сік від сорбенту та аналізували фільтрат на вміст нітратів іонометричним методом на рН-метрі-іономірі «Експерт-001» згідно методики [39-40].

Потенціометричний метод визначення вмісту нітратів у продукції рослинництва заснований на вимірюванні активності нітрат - іона іоноселективним електродом у сольовій суспензії 1%-им розчином алюмокалієвих галунів при співвідношенні проби і розчину галунів 1 : 5.

Підготували до роботи мембранний нітратний іоноселективний електрод згідно паспорту до цього електроду. Проводили градуювання іономіру за калібрувальними розчинами калію нітрату в одиницях $pCNO_3^-$ - згідно інструкції з експлуатації приладу.

Для проведення іонометричних вимірів занурювали підготовлені електроди в аналізований розчин (рис. 2.1).

На дисплеї обирали відповідний напис, наприклад: «Нітрати в соках. ГОСТ 29270-95». Натискували кнопку «Вимір». Починалось вимірювання і відображення вимірної концентрації нітрат-іону в аналізованій пробі в mg/dm^3 , наприклад: сік морквяний 21,6 mg/dm^3 . Показники з приладу переписували тоді, коли вони переставали змінюватись (30-60 с). На цьому процес вимірювання завершувався. Для вимірювання вмісту нітратів у наступній пробі витягували

електроди зі стакану, промивали їх дистиллятом, висушували фільтрувальним папером і опускали в наступний зразок.

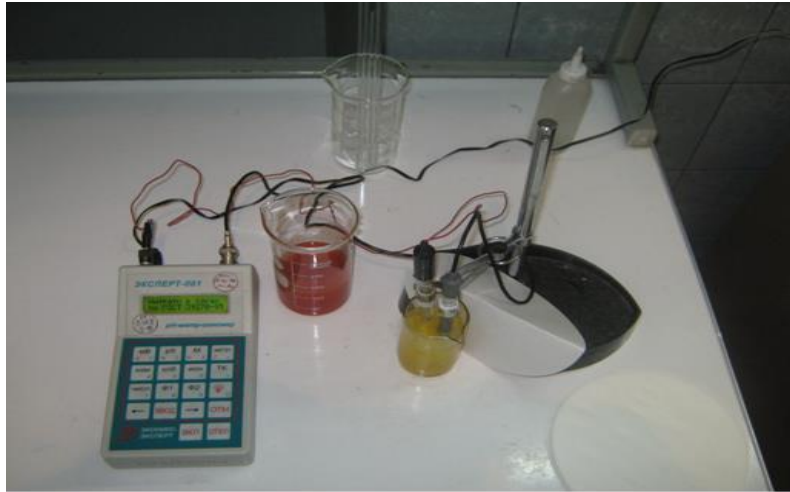


Рисунок 2.1 – Проведення іонометричних вимірів нітратів в овочевих соках

Значення загального зв'язування (R , %) сорбентами нітратів і коефіцієнтів розподілення (D) розраховували за рівняннями :

$$R, \% = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\% \quad [2.1]$$

$$D = \frac{R, \%}{(100 - R, \%)} \cdot \frac{V}{m} \cdot \frac{1}{d} \quad [2.2]$$

де C_0 - концентрація нітратів перед сорбцією (мг/дм³);

C - концентрація нітратів після сорбції (мг/дм³);

V - об'єм аналізованого соку (см³);

m - маса сорбенту (г);

d - густина розчину (г/см³).

2.2 Побудова ізотерми адсорбції та розрахунок термодинамічних констант

Для побудови ізотерм адсорбції створювали концентраційний ряд з вмістом нітратів в овочевому соці 1,61 г/дм³, 0,896 г/дм³, 0,47 г/дм³, 0,252 г/дм³, 0,146 г/дм³. Через 3 години сорбції визначали концентрацію нітратів як описано вище у п. 2.1. За одержаними даними будували графік. У координатах концентрація адсорбованої речовини (Γ) \div рівноважна концентрація (C).

Для розрахунку термодинамічних констант адсорбції графічним методом представляли одержані ізотерми у координатах $1/\Gamma \div 1/C$. Графік у цих координатах є прямою (рис. 2.2).

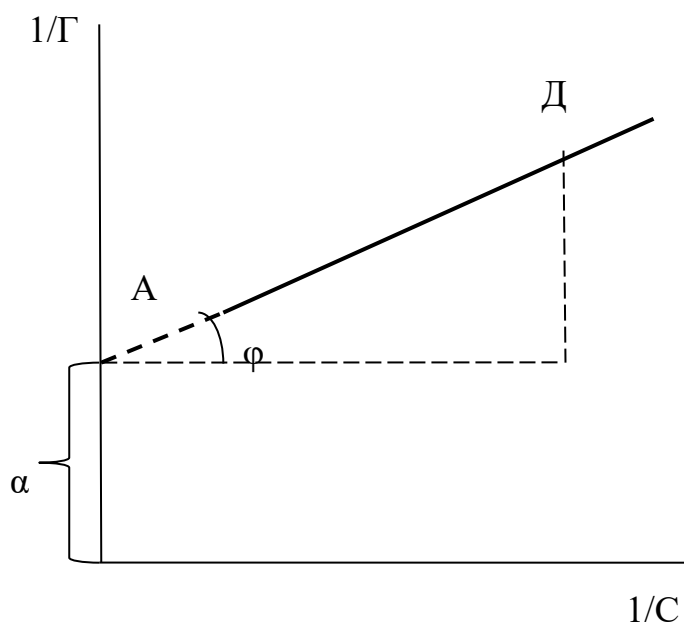


Рисунок 2.2 – Графічне визначення констант адсорбції

Граничну адсорбцію (Γ_{∞}) розраховували як обернену величину до відрізка α , що відсікається на вісі ординат при екстраполяції прямої АД, а саме :

$$\Gamma_{\infty} = \frac{1}{\alpha} \quad [2.3]$$

Константу рівноваги адсорбції (K) визначали за величиною тангенсу кута нахилу прямої АД, а саме :

$$\operatorname{tg}\varphi = 1 / \Gamma_{\infty} * K \quad [2.4]$$

Роботу адсорбційних сил (A) розраховували за рівнянням :

$$A = - \Delta G = R T \ln K , \quad [2.5]$$

де: ΔG - ізобарно - ізотермічний потенціал, або енергія Гіббса;

R - універсальна газова стала;

T - абсолютна температура.

2.3 Желатин

Желатин (фр. *gelatine*, від лат. *gelātus* «заморожений»); менш розповсюджена форма: желатина) – безкольорова, або маючий жовтуватий відтінок білок, прозора, в'язка маса, продукт переробки (денатурації) сполучної тканини (колагена).

Пептидні ланцюги желатину не мають вторинної або третинної структури. Амінокислотний склад включає до 18 амінокислот, в тому числі гліцин $C_2H_5NO_2$ (26-31%), гідроксипролін $C_5H_9NO_3$ (13-15%), глутамінову

кислоту $C_5H_9NO_4$ (11-12%), аспарагінову кислоту $C_4H_7NO_4$ (6-7%), аланін $C_3H_7NO_2$ (8-11%), пролін $C_5H_9NO_2$ (15-18%) і аргінін $C_6H_{14}N_4O_2$ (8-9%), а також амінокапронову, транексамову, амінометилбензойну кислоту, триптофан відсутній.

Структурна формула макромолекули желатину має такий вигляд рис. 2.2 :

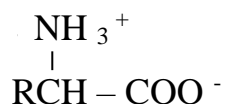


Рисунок 2.2 – Формула макромолекули желатину

Завдяки різнополярності активних груп, макромолекули, знаходячись у водному розчині міцно зчіплюються з дисперсними частинками різного складу, що призводить до інтенсивного флокуляційного агрегування і випадіння агрегатів в осад.

Фізико-хімічні властивості желатину: гарно розчиняється у воді; вологозв'язуюча здатність; гідролізується; здатний до адсорбції; при концентрації вище 0,8%, при охолодженні осаджується із розчину; плавиться при температурі 25-35 °С; проявляє амфотерні властивості; в кислому середовищі несе позитивний заряд, в лужному негативний; сумісний з багатьма гідроколоїдами, цукром, кукурудзяним сиропом, крохмалем, глюкозою, основними харчовими кислотами і ароматизаторами; прозорий; стійкий до дії кислих і лужних розчинів; пластичний.

Желатин використовується для виготовлення продуктів харчування, фармацевтичних лікарських форм у вигляді капсул, грошей, газет, журналів, косметики та в якості харчової добавки - E441, для підготовки картону при малюванні маслом, як стабілізатор піни, емульгатор, освітлювач, піноутворювач, згущувач, флокулянт тощо [41,42].

2.4 Бентоніт

Бентоніт (англ. bentonite, bentonite clay, mine-ral soap) (від назви форту Бентона в США) - природний глинистий мінерал, складається в основному з мінералів групи монтморилоніту ($Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$) або бейделіту ($Al_2[AlSi_3O_9 \cdot x(OH)](OH)_2 \cdot nH_2O$). До бентоніту входять також гідрослюди, каолініт, палигорськіт, цеоліти [43].

Бентоніт – це мінеральні утворення, які відносяться до класу алюмогідросилікатів, загальна формула яких така: $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$. Молекулярне співвідношення Al_2O_3 та SiO_2 коливається у межах від 1 : 2 до 1 : 4. Бентоніти на 90% складаються з оксидів сіліцію, алюмінію, магнію, заліза та води. У природі існує 40 відомих глинястих мінералів, які мають високу дисперсність, а саме розмір кристалів на рівні менше 1 мкН і як наслідок цього велику питому поверхню [44].

До справжніх бентонітів, у відповідності з вимогами сучасної промисловості, відноситься монтморилонітові глини, в яких склад монтморилоніту складає більше 70%. Всі глини, в яких монтморилоніту менше, ніж 70% або замість нього присутній який - небудь інший мінерал із групи смектитів відносять до бентонітоподібних глин або «бентоноідів» [45].

Загальними властивостями бентонітових глин є: дисперсність, адсорбційна здатність, здатність розбухати, гідрофільність, каталітична активність, зв'язувальна, емульгуюча, клеюча властивість та інші характеристики.

За хімічним складом розрізняють два види бентонітів:

- лужні - з переважанням обмінного натрію;
- лужноземельні - з переважанням обмінного кальцію.

Каталітична активність бентонітових глин зумовила їх використання в якості каталізаторів в синтезі каучуків, крекінгу нафти.

Зв'язувальна та пластична здатність глин має велике значення та використання в кераміці, будівництві [46].

Катіони глинистих мінералів (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) можуть стехіометрично замінюватися на інші катіони - органічні та неорганічні. Обмін катіонів бентоніту, що відбувається в еквівалентній кількості, є оборотним.

Величина та швидкість обміну залежать від походження катіонів, структури адсорбенту та його дисперсності, концентрації іонів у біологічних рідинах, тривалості взаємодії та температури. Катіонний обмін, характерний для бентонітів: $Si^{4+} \rightarrow \dots Al^{3+} \rightarrow \dots Mg^{2+} \rightarrow \dots$

Обмін аніонів у бентонітових глинистих мінералах відбувається також за законами, що тотожні обміну катіонів [47, 48].

2.5 Поліоксиетилен

Поліоксиетилен (ПОЕ) – полімер етиленгліколю (етиленоксиду). Залежно від середньої молекулярної маси полімеру – в'язка рідина, гелевидна або тверда речовина. Зареєстрований як харчова добавка 1521. Структурна формула має наступний вигляд:



Високомолекулярний поліетиленоксид синтезують полімеризацією етиленоксиду в суспензії в середовищі осаджувачів полімеру (катіони - Al-, Ca- або Mg-органічних сполук з добавками хелатутворюючих сполук, наприклад диметилглюксіма. Або без них, а також амідів або амід-алкоголяти Ca); отримують поліетиленоксид у вигляді порошку. Важливим завданням є запобігання агрегації частинок поліетиленоксиду в ході синтезу.

Низькомолекулярний поліетиленоксид застосовують як :

- текстильно-допоміжні речовини;
- загусник (наприклад, в гідравлічних рідинах);
- в фармакопеї та косметиці – як сполучна речовина для пігулок, кремів, свічок;
- стабілізатор в аерозолях [49].

2.6 Статистична обробка результатів експерименту

За одержаними результатами розраховували середнє арифметичне величини.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad [2.6]$$

де n - число визначень $x \pm$

Розраховували середнє квадратичне відхилення $S(n)$.

$$S_n = \frac{\sqrt{(\bar{X} - X_1)^2 + (\bar{X} - X_2)^2 + \dots + (\bar{X} - X_n)^2}}{n-1} \quad [2.7]$$

Визначили похибку експериментальних результатів (ε) з надійністю $P = 0,95$:

$$\varepsilon = \frac{tn\lambda * S_n}{\sqrt{n}} \quad [2.8]$$

де t – критерій Ст'юдента; при $n = 3$, $t = 4,3$

Кінцеве значення записували у вигляді :

$$\bar{x} \pm \varepsilon \quad [2.9]$$

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження сорбції нітратів із овочевих соків

Експериментальні результати дослідження сорбції нітратів із овочевих соків наведені в табл. 3.1 – 3.3.

Таблиця 3.1 – Вміст нітратів (за нітрат - іоном) у вихідних овочевих соках (мг/дм³), (n = 3; P = 0,95; t = 4,30)

№ n/n	Морквяний сік	Томатний сік
C ₁	307,0	213,0
C ₂	309,0	215,0
C ₃	314,0	217,0
C _n середн.	310,0	215,0
S _n	1,0	2,0
ε	2,5	5,1
C _n ± ε	310,0 ± 2,5	215,0 ± 5,1

Таблиця 3.2 – Вміст нітратів (за нітрат - іоном) після 3 та 24 годин сорбції у морквяному соку (мг/дм³); (n = 3; P = 0,95; t = 4,30)

№ п/п	Сорбент					
	Бентоніт		Желатин		Поліоксиетилен	
	3 години	24 години	3 години	24 години	3 години	24 години
C ₁	258,0	158,0	277,0	215,0	292,0	247,0
C ₂	260,0	162,0	279,0	220,0	293,0	251,0
C ₃	262,0	164,0	281,0	222,0	294,0	252,0
C _n ср.	260,0	162,0	279,0	219,0	293,0	250,0
S _n	2,0	2,9	2,0	3,6	1,0	2,6
E	5,1	7,3	5,1	9,1	2,5	6,7
C _n ± ε	260,0±5,1	162,0±7,3	279,0±5,1	219,0±9,1	293,0±2,5	250,0±6,7

Таблиця 3.3 – Вміст нітратів (за нітрат - іоном) після 3 та 24 годин сорбції у томатному соку (мг/дм³); (n = 3; P = 0,95; t = 4,30)

№ п/п	Сорбент					
	Бентоніт		Желатин		Поліоксиетилен	
	3 години	24 години	3 години	24 години	3 години	24 години
C ₁	185,0	106,0	192,0	158,0	188,0	171,0
C ₂	187,0	108,0	193,0	160,0	191,0	175,0
C ₃	189,0	113,0	194,0	162,0	193,0	176,0
C _n ср.	187,0	109,0	193,0	160,0	191,0	174,0
S _n	2,0	3,6	1,0	2,0	3,0	3,2
E	5,1	9,1	2,5	5,1	7,6	7,8
C _n ± ε	187,0±5,1	109,0±9,1	193,0±2,5	160,0±5,1	191,0±7,6	174,0±7,8

Згідно одержаним експериментальним даним вихідні морквяний та томатний соки мали підвищений вміст нітратів. В морквяному соку концентрація нітратів складала 310 мг/дм³ (при нормі в 250 мг/дм³), в томатному – 215 мг/дм³ (при нормі в 150 мг/дм³). Використання сорбентів призводило до помітного зменшення вмісту нітратів у досліджених соках в середньому в 1,2 – 1,9 рази.

Збільшення часу сорбції від 3 до 24 годин позитивно впливало на зниження нітратів в соках. У ході дослідження було встановлено, що при подовженні терміну сорбції у томатному соку, наприклад, сорбенту бентоніту вміст нітратів зменшився від 187 мг/дм³ до 109 мг/дм³, в морквяному соку – від 260 мг/дм³ до 162 мг/дм³.

3.2 Термодинамічна характеристика сорбції нітратів із овочевих соків сорбентами різної природи

Результати визначення загального зв'язування нітратів сорбентами (R, %) із соків наведені в рис. 3.1-3.2.

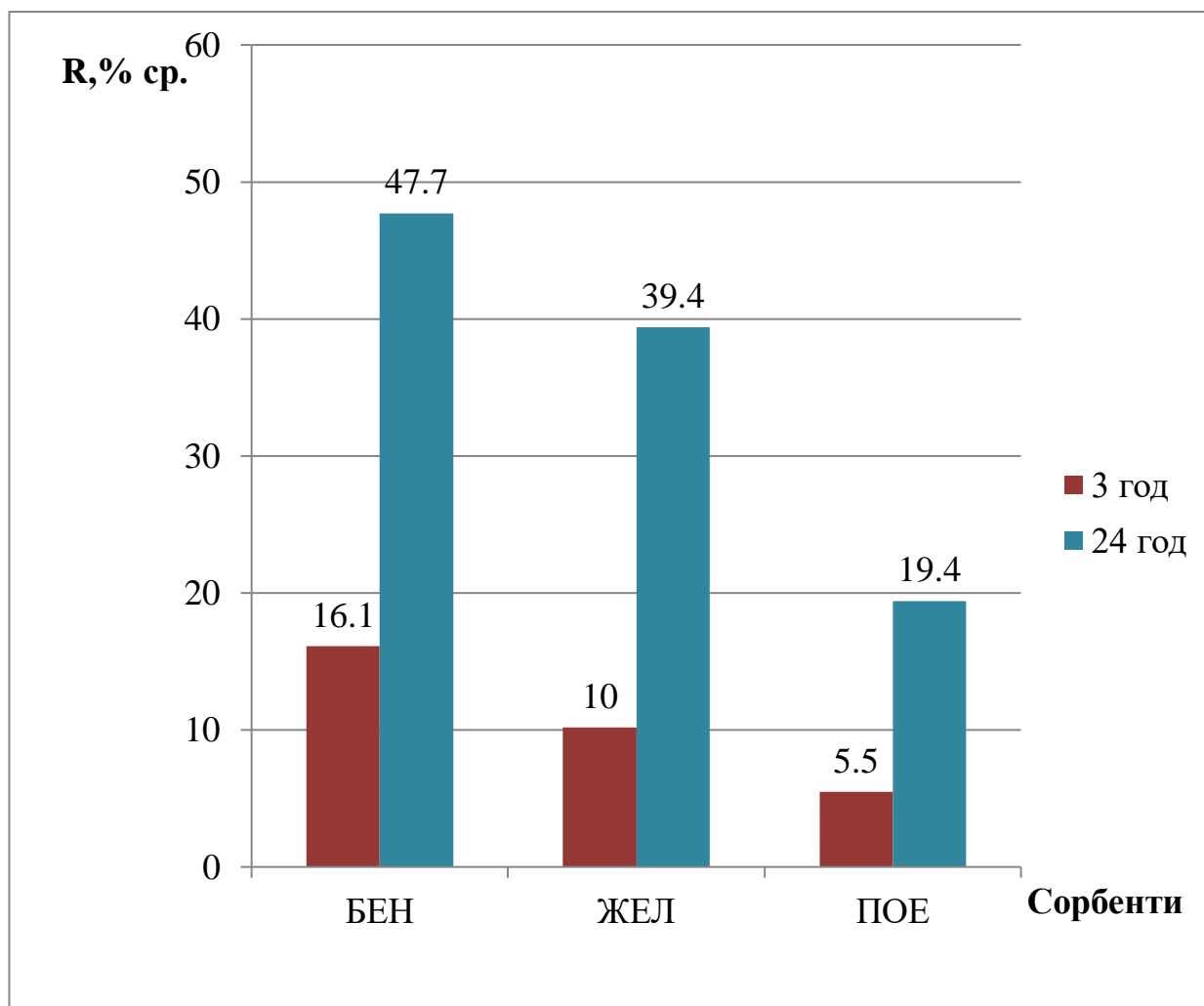


Рисунок 3.1 – Загальне зв'язування (R,%) сорбентами нітратів із морквяного соку після 3 та 24 годин сорбції (мг/дм^3); ($n = 3$; $P = 0,95$; $t = 4,30$)

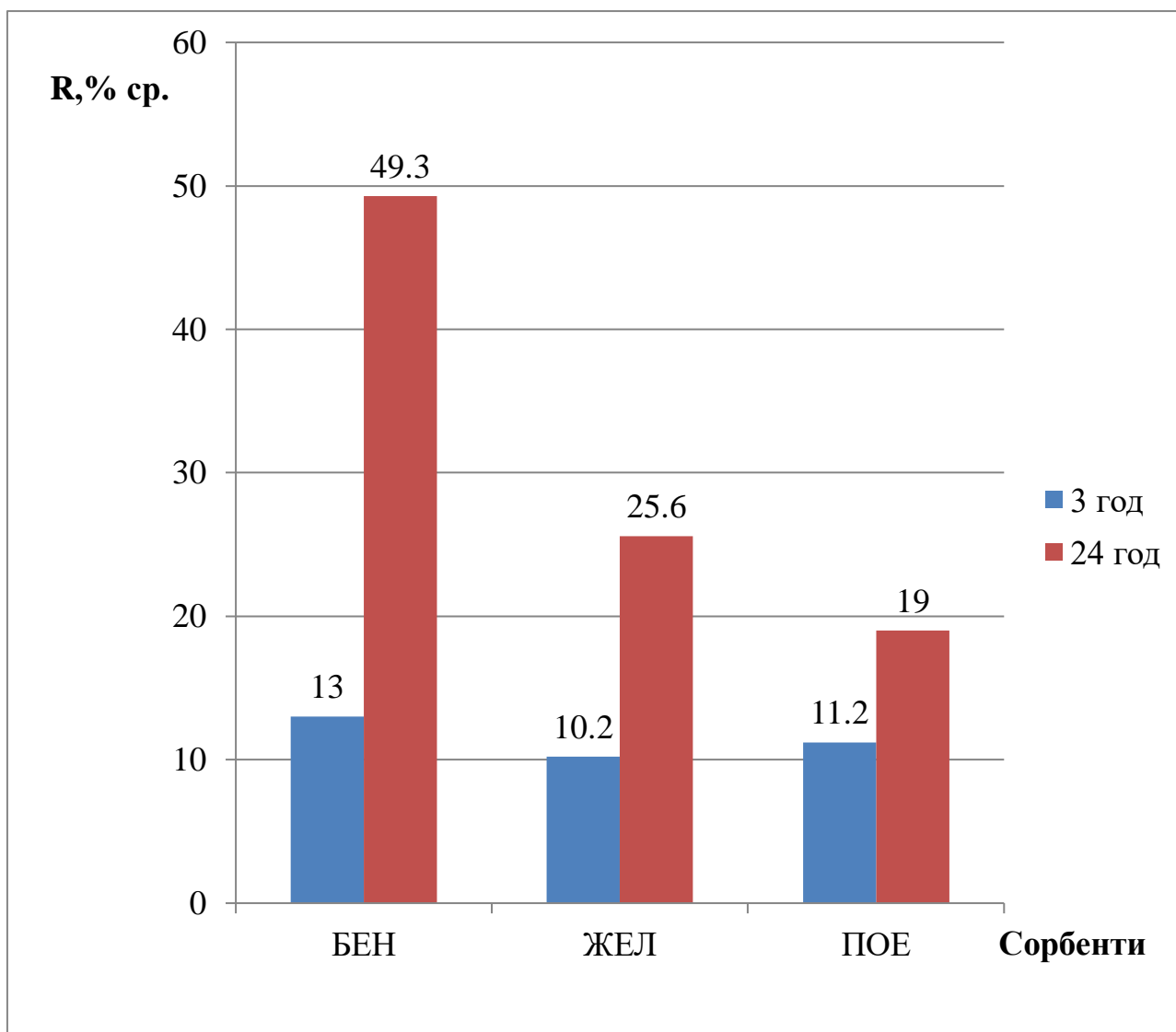


Рисунок 3.2 – Загальне зв'язування (R,%) сорбентами нітратів із томатного соку після 3 та 24 годин сорбції (мг/дм³); (n = 3; P = 0,95; t = 4,30)

Відповідно до результатів максимальну сорбційну активність має бентоніт, у якого загальне зв'язування нітратів складало 16,1% при 3 годинному контакті з соком. Це також підтверджується найбільшим значенням коефіцієнту розподілення (19,0) для цього сорбенту.

Мінімальну активність проявив синтетичний сорбент поліоксиетилен, загальне зв'язування якого складало при 3 годинному контакті з соком всього 5,5%, а коефіцієнт розподілення - 5,8.

Результати визначення коефіцієнтів розподілення (D) у соках наведені в рис. 3.3-3.4.

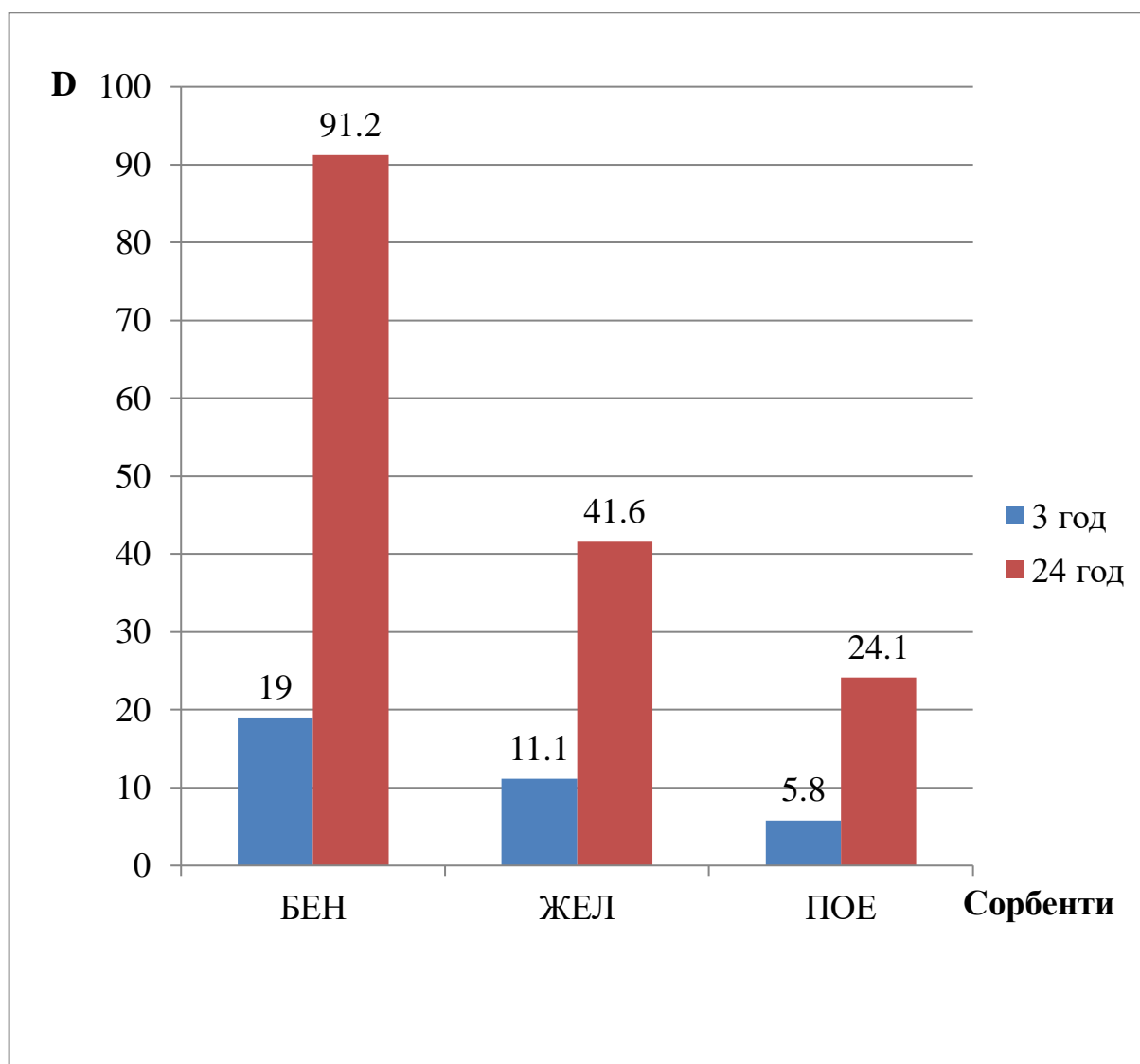


Рисунок 3.3 – Коефіцієнти розподілення (D) нітратів на сорбентах в морквяному соці (за середніми даними)

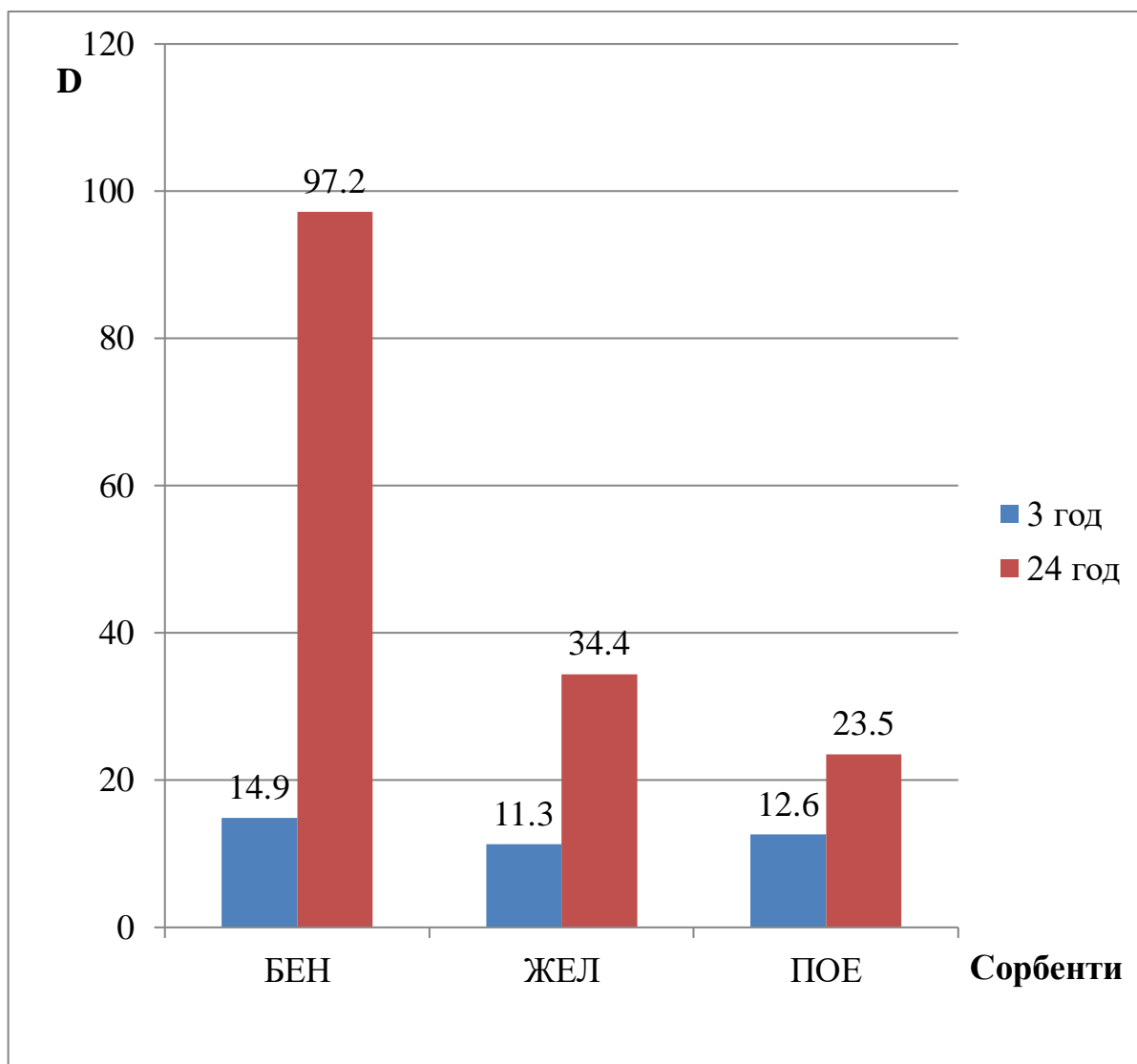


Рисунок 3.4 – Коефіцієнти розподілення (D) нітратів на сорбентах в томатному соці (за середніми даними)

При подовженні часу сорбції тенденція сорбційної активності бентоніту, желатину та поліоксиетилену зберігалась. Так, при 24 годинному контакті сорбція на бентоніті значно зростає і складає 47,7%, а коефіцієнт розподілення – 91,2, в той час, як на поліоксиетилені вона збільшується всього до 19,4% при значенні коефіцієнту розподілення 24,1.

Желатин за активністю наближається до бентоніту, у випадку з морквяним соком, і близької до поліоксителену, у випадку з томатним соком.

Отримані дані ізотерм сорбції нітратів із овочевих соків дослідженими сорбентами (рис. 3.5-3.6) дозволяють одержати інформацію про механізм сорбції.

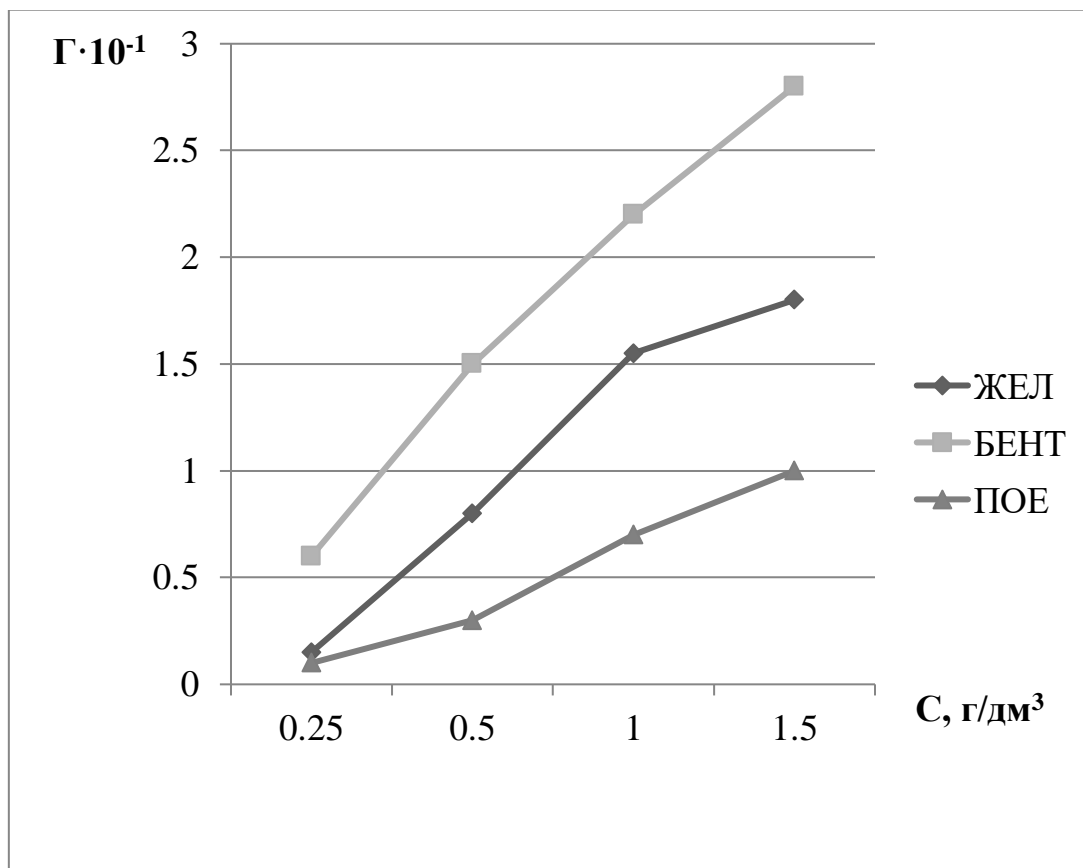


Рисунок 3.5 – Ізотерми сорбції нітратів із морквяного соку

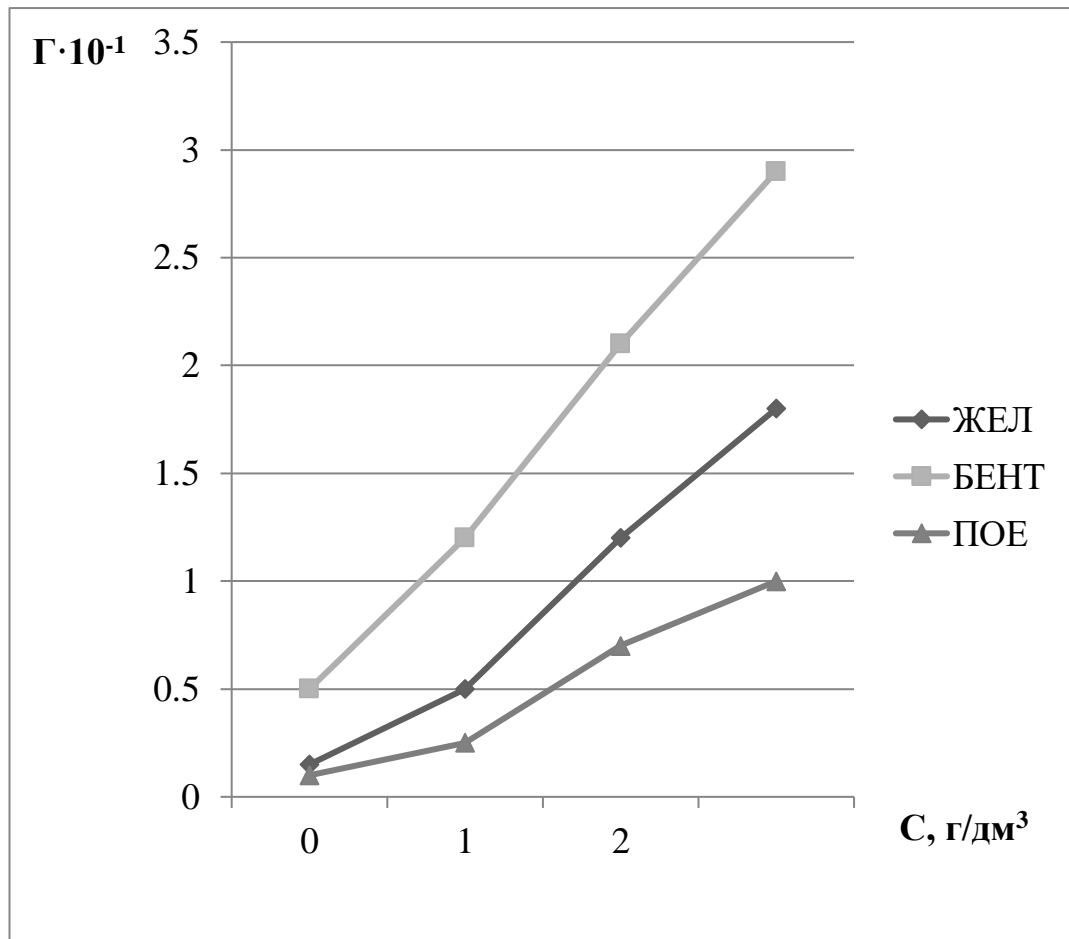


Рисунок 3.6 – Ізотерми сорбції нітратів із томатного соку

Всі одержані ізотерми вигнуті на початковій ділянці відносно вісі концентрації. Згідно класифікації Брунауера такий тип ізотерм відноситься до типу 1, ізотерми Лангмюра, який пов'язує з мономолекулярною адсорбцією, що проходить із паралельною орієнтацією на сорбенті розчиненої речовини – адсорбента. Це дозволяє припустити, що сорбція нітратів із овочевих соків дослідженими сорбентами протікає по типу мономолекулярної адсорбції. Порівнюючи ізотерми, бачимо зменшення крутизни ізотерм при переході від сорбенту бентоніту до поліоксиетилену. Це свідчить про зниження ефективності сорбції у ряді бентоніт - желатин - поліоксиетилен, що підтверджують експериментальні дані.

За результатами графічного розрахунку констант сорбції - граничної сорбції (Γ_{∞}) та константи сорбції (K) морквяного соку побудовані ізотерми, які відображені рис. 3.7

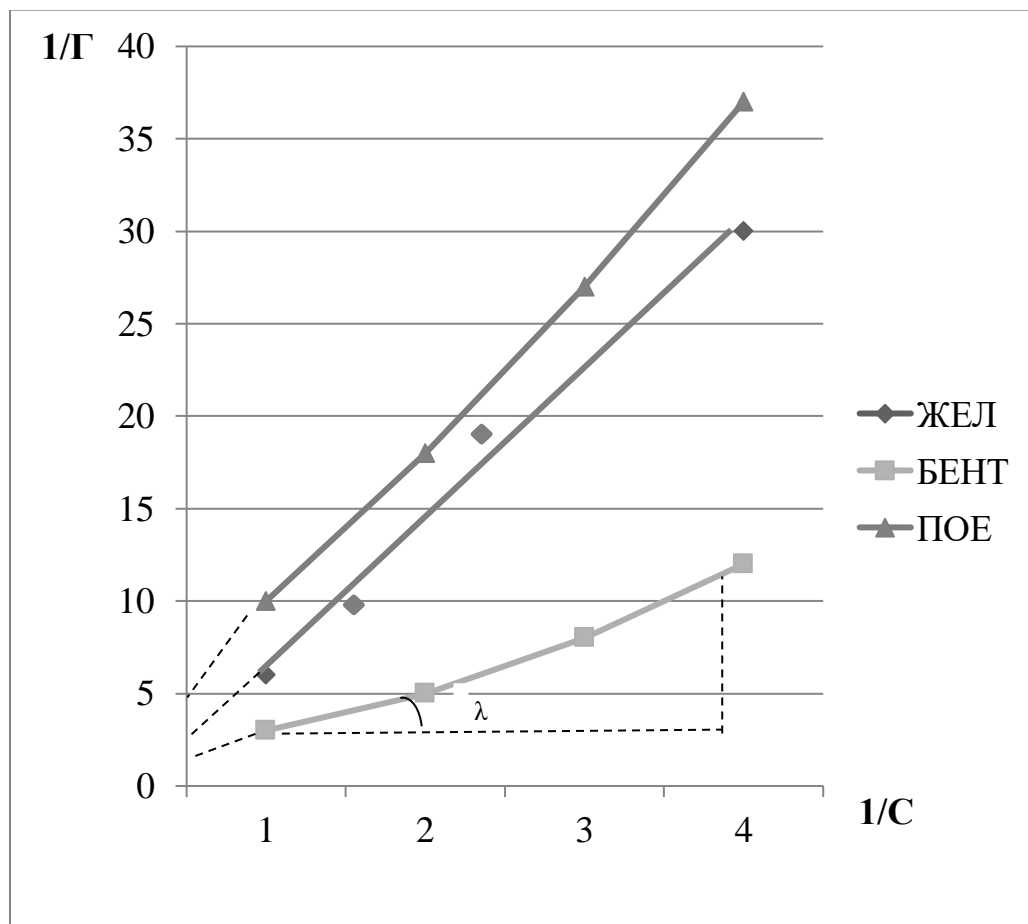


Рисунок 3.7 – Графічний розрахунок констант сорбції нітратів із морквяного соку

На наступному етапі дослідження було проаналізовано результати графічного розрахунку констант сорбції - граничної сорбції (Γ_{∞}) та константи сорбції (K) томатного соку, що представлені на рис. 3.8

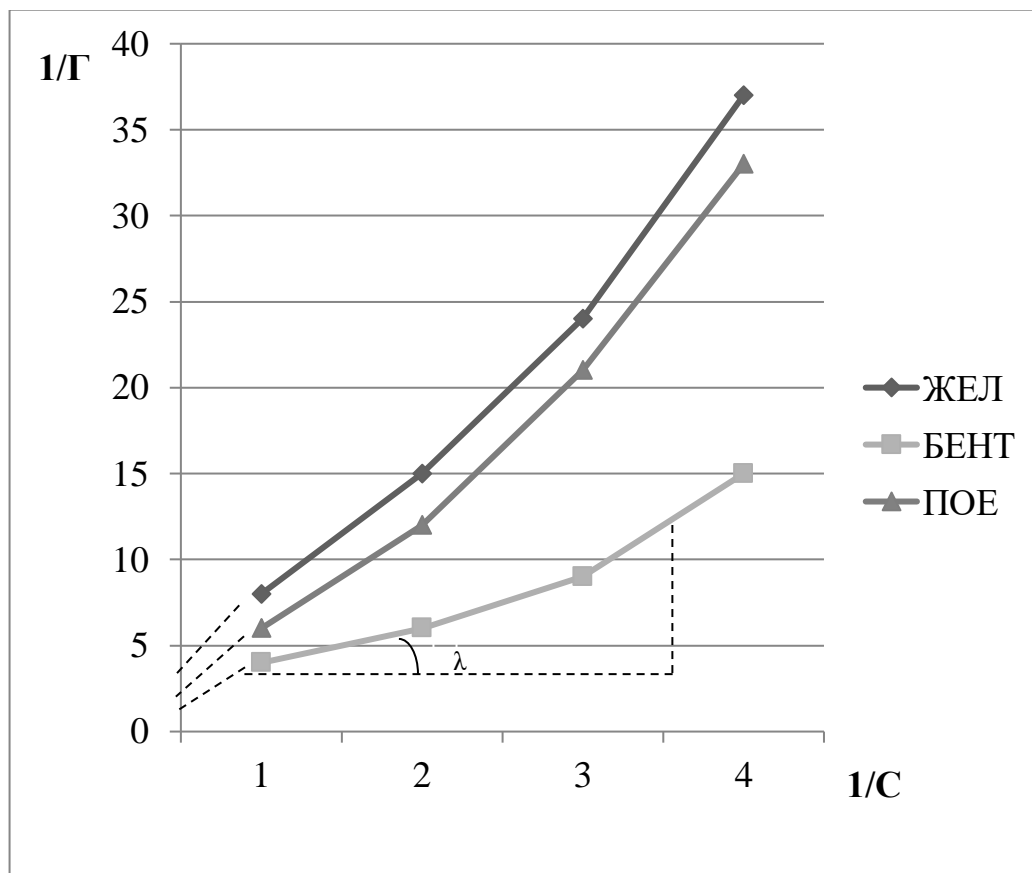


Рисунок 3.8 – Графічний розрахунок констант сорбції нітратів із томатного соку

Як засвідчив аналіз результатів дослідження, зростання ефективності зв'язування сорбентами нітратів у ряді поліоксиетилен – желатин – бентоніт супроводжується збільшенням хімічної спорідненості між нітратами та сорбентами, що проявляється у зменшенні ізобарно-ізотермічного потенціалу – енергії Гіббса, що представлено в табл. 3.5. Наприклад, потенціал зменшується від -1334,4 Дж/моль до -2990,0 Дж/моль при переході від поліоксиетилену до бентоніту у випадку морквяного соку.

Таблиця 3.5 – Термодинамічні константи сорбції нітратів із овочевих соків

Конс- танти	Морквяний сік			Томатний сік		
	Бентоніт	Желатин	ПОЕ	Бентоніт	Желатин	ПОЕ
Γ_{∞}	0,909	0,400	0,200	1,000	0,454	0,196
$\text{tg } \lambda$	3,750	7,179	8,816	3,780	8,261	8,287
K	0,293	0,348	0,567	0,265	0,268	0,616
$\Delta G,$ Дж/ /моль	-2990,000	-2569,900	-1334,400	-3237,832	-3210,500	-1181,450

Таким чином, можна припустити, що більш висока сорбція нітратів на дисперсному мінералі бентоніті пояснюється наявністю на його поверхні значно більшої кількості позитивно заряджених центрів, ніж на поверхні желатину та поліоксиетилену. Меншу активність желатину можна пояснити впливом рН, так як рН томатного соку набліжений до ізоелектричної точки желатину. При необхідності зниження концентрації нітратів можна рекомендувати обробку овочевих соків дисперсним мінералом бентонітом, желатином, поліоксиетиленом (10 г сорбенту на 1 л соку) при тривалості контакту від 3 до 24 годин.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема моєї роботи «Властивості природних сорбентів у вилученні нітратів з натуральних соків». Предметом дослідження в даній роботі була рослинна сировина. Дослідження проводилось в хімічній лабораторії. Основними небезпечними та шкідливими факторами при виконанні були: скляний посуд, органічні сполуки (кислоти та розчинники), робота з електроприладами та з електронагрівачами, робота з комп'ютером.

Вимоги безпеки перед початком робіт.

Студенти не мають права заходити в лабораторію без дозволу відповідального працівника (інженера, старшого лаборанта) або викладача – керівника робіт.

Перед початком виконання експериментальної частини роботи студенти повинні уважно і детально ознайомитись з методичними вказівками щодо її виконання та вимогами техніки безпеки на робочому місці [50].

Для забезпечення складу повітря робочої зони згідно з 12.1.016-79 ССБТ «Повітря робочої зони» проектом передбачено: 1) проведення робіт з даними речовинами у витяжній шафі (згідно з ГОСТ 22360-86 «Шафи демонстраційні, витяжні»; 2) використання природної вентиляції (СНіП 2.04.05-91).

Витяжна шафа являється джерелом шуму в лабораторії, але її шум за нормами не перевищений допустимому і не є завадою при роботі.

Вібрація, яка утворюється при роботі витяжної шафи не перевищують допустимі норми і не є завадою під час роботи [51-53].

Вимоги безпеки під час роботи :

1. Для кожного працюючого в лабораторії передбачене своє індивідуальне робоче місце.

2. Перше вмикання електричної установки, оптичного приладу, іншого наукового устаткування здійснюють лише під безпосереднім наглядом інженера, лаборанта чи керівника магістерської роботи.

3. Перш ніж розпочати роботу кожен зобов'язаний одягти спеціальний захисний одяг, який зберігається окремо від верхнього одягу. Визначення типу захисного костюму, а також частота його зміни визначаються в залежності від характеру роботи.

4. На робочому місці повинні знаходитися необхідні для виконання конкретної роботи реактиви, прилади та обладнання, зошит для записів спостережень та інструкція до лабораторної роботи. Все, що може завадити своєчасній ліквідації наслідків можливої аварії, повинно бути забрано [54].

3. Під час роботи зі скляними приладами потрібно :

- скляний посуд потрібно фіксувати за верхню частину горловини ближче до місця, куди треба вставити пробку, захищаючи руку тканиною;
- захищати руки тканиною при складанні скляних приладів або при з'єднанні деяких частин їх за допомогою гуми або каучуку;

4. Переносити посуд з гарячою рідиною використовуючи прихватки, при цьому тримати її обома руками (однією за дно, а другою за горловину).

5. При нагріванні рідини в пробірці її тримати спеціальними тримачами так, щоб відкритий верх був спрямований від себе і працюючих поруч.

6. Посудин із реактивами закривають пробками, беручи до уваги їх властивості. При закупорюванні лугів не можна користуватися притертою пробкою, так як карбонати, що утворюються між горлом і пробкою, щільно притягують пробку. Пробки з гуми набухають під дією деяких реактивів (спирт, ефір, ацетон, бензол), а під дією галогенів (бром, йод) втрачають еластичність. Такі реактиви закривають скляними притертими пробками.

7. Протертою пробкою не можна закривати нагріту посудину поки вона не охолоне.

8. Використовувати лійку при переливанні рідин, крім тих, що містять біологічний матеріал.

9. При змішуванні або розведенні речовин, що супроводжуються виділенням тепла, користуватися термостійкий хімічний посуд [55, 56].

10. При роботі з лугами та кислотами необхідно:

- всю роботу з концентрованими лугами та кислотами проводити у витяжній шафі, використовуючи окуляри, гумові рукавички та фартух;
- із посудини концентровану кислоту відбирати за допомогою спеціальної піпетки з грушею або сифоном;
- концентровані кислоти і луги спочатку нейтралізувати, а потім вилити у раковину;
- шматки лугу брати щипцями для приготування розчинів, наважку опускають у велику широкогорлу посудину, залити необхідною кількістю води і старанно перемішати;
- для приготування розчинів кислот, спочатку в посуд наливають необхідний об'єм води, а потім вже помалу додають кислоту. Забороняється додавати воду в кислоту;
- при кип'ятінні кислотних і лужних розчинів не можна щільно закривати посуд пробкою до повного охолодження;
- при митті посуду хромовою сумішшю запобігають попаданню її на шкіру, одяг, взуття [57].

11. При роботі з легкозаймистими речовинами (ефір, бензин, бензол, ацетон, спирт і ін.) дотримуються таких вимог :

- нагрівати легкозаймісті речовини у витяжній шафі на піщаній або водяній бані з закритим електронагрівом;
- усі роботи проводити у витяжній шафі при працюючій вентиляції, вимкнених газових пальниках і нагрівальних електроприладах відкритого типу.

12. Категорично забороняється збереження в лабораторії несправних або розбитих апаратів зі ртуттю [58] .

Робота з електроприладами в хімічній лабораторії вимагає великої уваги і безумовно виконання правил електробезпеки згідно з ДНАОП 0.00-1.21.-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» :

1. В хімічній лабораторії використовують електронагрівачі закритого типу та електричне обладнання лише заводського виготовлення.
2. Заземлення електрообладнання .

Вимоги безпеки по закінченню робіт :

1. По закінченню роботи необхідно прибрати своє робоче місце.
2. Потрібно здати своє робоче місце завідувачу лабораторіями або викладачу.
3. Після закінчення лабораторних робіт необхідно вимити руки з милом, зняти спецодяг і засоби індивідуального захисту [59].

Вимоги безпеки в екстремальних ситуаціях.

Перша медична допомога. При ураженні електрострумом потерпілого звільняють від контакту з несправним приладом (якщо це не зроблено раніше). Виключають джерело електроживлення, обірваний провід скидають дерев'яним сухим ціпком.

При зупинці дихання здійснюють штучне дихання, вводять серцеві і серцево-судинні засоби (0,1% розчин адреналіну - 1 мол, кордіамін - 2 мол, 10% розчин кофеїну - 1 мол підшкірно), засоби, що стимулюють подих (1% розчин лобелина - 1 мол внутрієнно чи повільно внутрішечечно). Накладають стерильну пов'язку на електроопікову рану. Штучне дихання не припиняють протягом тривалого часу.

При зупинці серця – непрямий масаж серця, внутрісерцеве введення розчину адреналіну і 10 мол 10%-ого розчину хлориду кальцію. Госпіталізація. Транспортування лежачи на носилках в опікове чи хірургічне відділення.

Дії з допомоги при опіках :

1. Впевнитися у відсутності небезпеки.
2. Оглянути потерпілого, визначити наявність у нього пульсу, дихання та свідомості.
3. Викликати бригаду швидкої медичної допомоги.
4. Якщо дихання відсутнє, розпочати проведення штучного дихання та непрямого масажу серця.
5. При опіках I або II ступеня :
 - прохолодною водою охолодити або промити місце опіку протягом 10-20 хвилин;

- після охолодження або промивання накрити пошкоджену ділянку чистим вологим бинтом або серветкою;

- при хімічних опіках - негайно видалити хімічну речовину з ураженої поверхні та знизити її концентрацію на шкірі за рахунок промивання великою кількістю води;

- якщо розірвались пухирі, то накласти стерильну пов'язку, але не слід проколювати пухирі.

6. При опіках III або IV ступеня:

- накрити місце опіку стерильною пов'язкою;

- дати постраждалому протишоковий препарат за наявності ознак шоку.

7. Не використовувати при опіках ніякі мазі, гелі до прибуття швидкої медичної допомоги.

Ні в якому раз не видаляти з ураженої ділянки шкіри хімічні речовини серветками, змоченими водою, так ще більше хімічна речовина потрапляє в шкіру.

8. При опіках хімічними речовинами необхідно :

- негайно зняти одяг, на які потрапили хімічні речовини;

- якщо хімічна речовина, що викликала опік, має порошкоподібну структуру, то спочатку видаляють залишки речовини, а потім починають змивати її, за винятком випадків, коли контакт речовини з водою протипоказаний (наприклад, органічні сполуки алюмінію, які при з'єднанні з водою займаються).

- якщо допомога затримується, тривалість обмивання потрібно збільшити до 30-40 хв;

- при опіках кислотами потрібно обмити пошкоджену ділянку шкіри мильною водою або 2 % розчином питної соди.

- при опіках лугом пошкоджену ділянку промивають слабким розчином лимонної кислоти або оцту [60].

Охорона праці – це система законодавчих актів, організаційних, соціально-економічних, технічних і лікувально-профілактичних засобів та

заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Забезпечення пожежної безпеки в лабораторії визначається «Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України»:

1. В лабораторії повинні бути справні первинні засоби пожежогасіння:
2. Загорання в лабораторії слід відразу ліквідувати. У разі пожежі необхідно :

- повідомити пожежну охорону;
- вжити заходів щодо евакуації людей з приміщення;
- вимкнути електромережу.

Техніка безпеки під час роботи на ПК

Під час роботи комп'ютера екран дисплея є джерелом електромагнітного випромінювання, яке руйнує зір, викликає втому, знижує працездатність. Через це треба, щоб очі користувача знаходилися на відстані 60 - 70 см від екрана, а безперервна робота за комп'ютером тривала не більше 25 хвилин для дітей та 40 - 45 хв. для дорослих.

Виконання правил техніки безпеки є обов'язковим для всіх. Вивчення курсів «Безпека життєдіяльності», «Охорона праці» та «Охорона праці в галузі» допомогли уникнути нещасних випадків при виконанні дипломної роботи. Виконання правил техніки безпеки та їх дотримання, допомогло мені уникнути травмування під час написання кваліфікаційної роботи.

ВИСНОВКИ

1. Під час роботи експериментально підтверджено доречність використання природних сорбентів для зниження вмісту нітратів у натуральних соках.
2. Встановлено, що сорбція нітратів описується ізотермою Лангмюра та розраховано термодинамічні характеристики сорбції.
3. Експериментальним шляхом доведено, що найбільш ефективними сорбентами є бентоніт та желатина, які широко використовуються у харчовій промисловості.
4. Наведені умови обробки натуральних соків сорбентами можна рекомендувати для очищення соків у виробництві, що має важливе санітарно – гігієнічне значення.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проблема накопичення нітратів у рослинній сировині та продукції з неї пов'язана з надмірним використанням мінеральних добрив, хімізацією сільського господарства, погіршенням екології.

Сільське господарство на сучасному етапі не може гарантувати екологічно чисту продукцію. Тому пошук і розробка заходів, що дозволяють знизити надходження нітратів в організм людини є однією з актуальних проблем сьогодення.

В результаті проведених дослідів на вміст нітратів в свіжих овочевих соках, за допомогою потенціометричного методу, рекомендовано, при очищенні соків використовувати сорбенти природного походження.

При обробці соків бентонітом, желатиною або ПОЕ вміст нітратів зменшується в 1,2-1,7 разів. Найбільшу сорбційну активність має бентоніт. Встановлено, що збільшення часу обробки соків природними сорбентами приводить до кращих результатів.

Згідно проведених розрахунків рекомендовано здійснювати обробку соків бентонітом і желатином, у співвідношенні 10 г сорбенту на 1 літр соку, при тривалості контакту від 3 до 24 годин для зниження вмісту нітратів в овочевих і фруктових соках.

Одержані в роботі результати рекомендовано застосовувати в лабораторних роботах курсу: Аналіз токсичних речовин у продуктах харчування, Аналіз якості харчових продуктів, Великий Практикум, Хімія харчових продуктів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bekhradinassab E., Sabbaghi S. Removal of nitrate from drinking water using nano SiO₂-FeOOH-Fe core-shell. *Desalination*. 2014. Vol. 347, No 1. P. 1-9.
2. Yusuf C. E., Verbruggen H. , Verstraete W. Nitrate reducing CaCO₃ precipitating bacteria survive in mortar and inhibit steel corrosion. *Cement and Concrete Research*. 2016. Vol. 83, P. 19-30.
3. Rezaei M., Fani A., Moini AL., Mirzajani M. Determining Nitrate and Nitrite Content in Beverages, Fruits, Vegetables, and Stews Marketed in Arak, Iran. *International Scholarly Research Notices*. 2014. Vol. 6, No 4. P. 285-288.
4. Sreekishnan T. R. Bioelectroremediation of perchlorate and nitrate contaminated water : A review. *Bioresource Technology*. 2018. Vol. 225, No 10. P. 331-339.
5. Костючок Н. В., Бессараб О. С. Дослідження проблеми забруднення харчових продуктів нітратами та їх похідними: матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій : Тернопіль, 2016. С. 236-237.
6. Ranasinghe R , Marapana R. Nitrate and nitrite content of vegetables. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018. Vol. 7, No 4. P. 324-326.
7. Костюченко А. А. Соціально-гуманітарний аспект життя людини: сучасні виклики. *Вплив нітратів на організм людини*: зб. тез доп. всеукр. студ. наук.- практ. конф. м. Ніжин, 2016. С. 29-31.
8. Martijn B Katan. Nitrate in foods: harmful or healthy? *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2009. Vol. 90, No 1. P. 11-12.
9. Фесенко О. Г. Характеристика нітратного забруднення поверхневих і підземних вод Полтавського регіону. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Сторінка молодого вченого*. 2014. С.121-123.
10. Токсичні речовини і методи їх визначення / за ред. А. А. Дубініна та ін.. Харків: ХДУХТ, 2016. 15-18 с.

11. Нітрати в овочах. 24 Здоров'я. URL: <http://www.100let.net> (дата звернення 07.07.2019).

12. Wang Y., Feng L. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and *N*-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *LWT - Food Science and Technology*. 2015. Vol. 60, No 11. P. 199-206.

13. Смоляр В. І., Циганенко О. І., Петрашенко Г. І. Нітрати, нітрити та нітроза міни у харчових продуктах і раціонах. *Журнал проблеми харчування. Інститут екогієни і токсикології імені Л.І. Медведя, Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця*. 2014. № 3. С. 10-12.

14. Dimitrov P., Georgiev G. Local products and festivals. The tourism perspective. *Local products Festivals and Tourism development in cross-border cooperation Greece-Bulgaria*. 2013. Vol. 84, No 2. P. 65.

15. Про нітрати. Сімя+діти=ми. URL: <http://www.ojasvi.kiev.ua> (дата звернення: 28.03.2018).

16. Нітрати. Як стати здоровою та красивою. URL : <http://10diet.net> (дата звернення: 08.08.2018).

17. Nirala S. Nitrate. *The Editors of Encyclopaedia Britannica*. 2015. Vol. 4, No 1. P. 6.

18. Cockburn A. Nitrite in feed: From Animal health to human health. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2013. Vol. 270, No 3. P. 285-288.

19. Watts D. B., Torbert H. A., Prior S. A., Huluka G. Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce. *Int J Environ Res Public Health*. 2014. Vol. 11, No 4. P. 4427-4440.

20. Ганчук В. Д. Моніторинг нітратів та заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції. *Східно-європейський журнал передових технологій* . 2014. Вип. 6. С. 47-49.

21. Белінська С. О., Орлова Н. Я. Наукові підходи до управління хімічною безпечністю швидкозамороженої плодоовочевої продукції. Обладнання та

технології харчових виробництв. Збірник наукових праць. 2013. Вип. 23. С. 168.

22. Pardo-Marín O., Yusà-Pelechà V., Villalba-Martín P. & J. Perez-Dasí A. Monitoring programme on nitrates in vegetables and vegetable-based baby foods marketed in the Region of Valencia, Spain: levels and estimated daily intake. *Journal Food Additives & Contaminants: Part A*. 2010. Vol. 27, No 4. P. 478-486.

23. Науенко І. В. Накопичення нітратів у рослинній продукції : навч. посіб. Харків: ХНТУСГ імені П. Василенка, 2015. 279 с.

24. Прокопенко Н. Ю. Дослідження вмісту нітратів і фторидів в природних водах селітебних територій Донбасу: магістерська робота. Донецьк, 2009. 67 с.

25. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм "Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах Міністерство охорони здоров'я: наказ від 13.05.2013 № 368. Офіційний вісник України. 2013 р. № 42. С. 154.

26. Manas Ranjan Swain, Marimuthu Anandharaj, Ramesh Chandra Ray, and Rizwana Parveen Rani. Fermented Fruits and Vegetables of Asia: A Potential Source of Probiotics. *Journal Biotechnology Research International*. 2014. Vol. 10, No 1. P. 478-486.

27. Siroli L., Patrignani F., Serrazanetti DI., Gardini F. Innovative strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in food science &*. 2015. Vol. 46, No 2 . P. 302-310.

28. Грішина І. О., Панасенко Т. В. Визначення вмісту нітратів в овочах. Запорізький національний університет: зб. Матеріалі доп.учасн. II Міжнародна конференція . Київ, 2009. С.227.

29. Ганчук В. Д., Христіансен М. Г., Біла Г. М., Дроков В. Г. Моніторинг нітратів та заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції . *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 6(60). С. 47-49.

30. Chan T. Y. K. Vegetable-borne nitrate and nitrite and the risk of methaemoglobinaemia. *Toxicology Letters*. 2017. Vol. 200. P. 107-108.

31. Veerasamy R., Tiah ZiXin. Biosynthesis of silver nanoparticles using mangosteen leaf extract and evaluation of their antimicrobial activities. *Journal of Saudi Chemical Society*. 2011. Vol. 15, No 2. P. 113-120.

32. Андрющенко В. К. Содержание нитратов в овощах. Харьков : Вопросы питания, 2005. 57-59с.

33. Матко С. В. Моделювання процесу освітлення яблучного соку шунгітом. *Наукові праці НУХТ*. 2015, № 4, т 21. С. 149-153.

34. Мамедова Е. Застосування процесів адсорбції у харчовій промисловості. Хімія. Хімічна, біологічна та харчова технології: матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», Тернопіль : ТНТУ, 2016. Том 1. С. 209-210.

35. Ганзюк А. Я. Застосування адсорбентів у процесах очищення, розділення газових і рідких середовищ. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2016. Вип. 2. С. 266-269.

36. Шейко Т. В. Адсорбційне очищення соку столового буряку від нітрат-іонів. Київ : НУХТ. 2012. 133с.

37. Адсорбція на межі твердого тіла-газ. Студопедія. URL: <https://studopedia.com.ua> (дата звернення: 08.09.2019).

38. Жеплінська М. М., Лазарів І. Р., Сухенко В. Ю. Методи очищення соків консервованого виробництва. *Технічні науки - Інноваційні технології Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 4. С. 23-26.

39. Аблаєва Л. А. Використання бентонітових глин Кудринського родовища для охорони навколишнього природного середовища: автореф. дис. канд. геол. наук. Київ : Інститут геохімії навкол. середовища, 2002. 21 с.

40. Bergaya F. Handbook of clay science. Amsterdam: Elsevier, 2013. 1224 p.

41. Вейс А. П. Макрохимия желатина. Москва : Пищевая промышленность, 2000. 96 с.
42. Роженко О. В. Безпечність товарів: конспект лекцій. Кривий Ріг : ДНУЕТ, 2017. 116 с.
43. Мала гірнича енциклопедія / за ред. В. С. Білецького. Донецьк : Східний видавничий дім, 2013. Т. 3. 640с.
44. Bentonite. URL: <https://www.mindat.org/min-9141.html>. (дата звернення: 01.10.2018).
45. Нікіпелова О. М. Резильтати фізико-хімічних досліджень бентоніту Дашуковського родовища. *Вісник ОНУ. Хімія*. 2014. Том 19, № 3(51). С. 71-73.
47. Богданов В. К. Іонообмінна здатність бентонітових глин залежно від фізико-хімічних властивостей матеріалу. *Дермалогія*. 2009. № 1. С.70-72.
48. Таран Н. А., Вахітова Л. М. Дослідження фізико-хімічних властивостей монтморилоніту Дашуківського родовища. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2016. №1(38). 61-67 С.
49. Малінін П. П. Морквяний сік. *Жіночий журнал*. 2019. №91. С.3-5- URL: <http://www.polezno.com>.
50. ГОСТ 12.3.002-75. г. Процессы производства. Общие требования безопасности. Москва, 1991. 120 с.
51. Крюковська О. А., Левчук К. О. Охорона праці в галузі : навч. посібник. Дніпро : ДДТУ, 2011. 230 с.
52. Одарченко А. М. Основи охорони праці: навч. посібник. Харків : ХДУХТ, 2017. 334 с.
53. Куксенко О. І. Основи охорони праці : конспект лекцій. Дніпро : Афіша, 2017. 141 с.
54. Інструкція з охорони праці при роботі в навчальних та навчально-науковій лабораторіях кафедри біохімії та біології / за заг. ред. І. Є. Цепенда. Івано-Франківськ : ПНУ, 2012. 16 с.
55. ДБН В. 2.5-28:2018. Природне та штучне освітлення. Вид. офіц. Київ, 2018. 132 с.

56. Трахтенберг І. М. Гігієна праці та виробнича санітарія : навч. посібник, Київ, 1997. 462 с.

57. Про затвердження Правил безпеки під час проведення навчально-виховного процесу в кабінетах (лабораторіях) фізики та хімії в навчальних закладах: Держгірпромнагляд України. 24.09.2012 р. за № 499. Офіційний вісник України. 2012.

58. Як надати першу допомогу: загальні правила : МОН України від 8.09.2018р. № 277. С. 1.

59. Вознай І. В. Вогнегасники. *Журнал Консультант з охорони праці і пожежної безпеки*. 2015. № 7. С. 3.

60. Про затвердження Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України : МЮУ від 15.08.2016 р. № 974. С. 12