

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА
ІНСТИТУТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК
Кафедра неорганічної та фізичної хімії**

Затверджено
на засіданні кафедри
неорганічної та фізичної хімії
протокол №__ від_____2014 р.

**Методичні вказівки та інструкція
до виконання лабораторної роботи №2**

з курсу “Харчова хімія”

**ВИЯВЛЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ У ПРОБАХ І
ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЗДАТНОСТІ ДО ОКИСНО-
ВІДНОВНИХ РЕАКЦІЙ. ДОСЛІДЖЕННЯ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІСАХАРИДІВ**

Методична розробка
доц. Мідак Л.Я.,
канд. хім. наук,
викладач Кузишин О.В.,
канд. ф.-м. наук

м. Івано-Франківськ
2014

1. Тема: Виявлення вуглеводів у пробах і дослідження їх здатності до окиснювально-відновних реакцій. Дослідження властивостей полісахаридів.

2. Мета: Поглибити теоретичні знання з питань, що стосуються класифікації, властивостей моно-, ди-, полісахаридів, їх значення у харчовій галузі. Засвоїти теоретичний матеріал стосовно біологічної ролі вуглеводів та їх похідних. Набути вміння виконувати експеримент по виявленню вуглеводів у пробах і дослідженню їх редукуючих властивостей, а також навички навчально-дослідницької роботи.

Знати:

- загальну формулу вуглеводів;
- будову молекул глюкози, фруктози;
- методи одержання простих вуглеводів;
- фізичні та хімічні властивості моноцукридів;
- галузі застосування простих вуглеводів;
- будову молекул сахарози, лактози, мальтози, крохмалю, целюлози;
- методи одержання складних вуглеводів;
- фізичні та хімічні властивості олігосахаридів;
- фізичні та хімічні властивості полісахаридів;
- галузі застосування складних вуглеводів.

Вміти:

- розрізняти моноцукриди (гідроксиальдегіди та гідроксикетони) за характерними хімічними реакціями;
- записувати формули Фішера та Хеурса для простих вуглеводів;
- одержувати моноцукриди синтетичними методами;
- здійснювати хімічні перетворення простих вуглеводів;
- розрізняти олігосахариди за характерними хімічними реакціями;
- розрізняти полісахариди за характерними хімічними реакціями;
- здійснювати хімічні перетворення складних вуглеводів;
- розв'язувати розрахункові завдання.

Самостійна робота на занятті:

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Виконання лабораторної роботи.
3. Обговорення та математична обробка експериментальних результатів.
4. Обговорення висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

3. Теоретичні основи

Вуглеводи – біохімічні сполуки, які утворюються в рослинах як первинні продукти фотосинтезу та є важливою складовою частиною живих організмів. Вуглеводи за хімічною будовою – це поліоксіальдегіди, поліоксикетони, їх полімери та похідні. Назва “Вуглеводи” не відповідає хімічній будові і поряд з нею вживаються інші: “Цукри”, “Сахариди”, “Глікани”. За здатністю до гідролізу вуглеводи поділяють на моносахариди (прості цукри), олігосахариди (олігомери, що складаються з кількох залишків моносахаридів) та полісахариди (полімери, що складаються з багатьох залишків моносахаридів). Вуглеводи були першими харчовими речовинами, хімічна структура яких була розшифрована хіміками.

Оскільки вуглеводи краще за інші харчові речовини підлягають перетворенням із звільненням відповідної кількості енергії, вони особливо важливі у харчуванні як джерела енергії у разі інтенсивної фізичної праці. Під час великого м'язового

напруження у тренуваних людей до 50% енергетичних витрат покривається за рахунок вуглеводів, а у нетренуваних – майже виключно за рахунок вуглеводів.

Важливу роль відіграють вуглеводи у діяльності центральної нервової системи, оскільки вони є основним джерелом енергії для нервової тканини. Тканина головного мозку споживає глюкози у середньому у 2 рази більше, ніж м'язи, і в 3 рази більше, ніж нирки. Про важливу роль вуглеводів у діяльності мозку свідчить і той факт, що запаси глікогену у мозковій тканині порівняно стабільні, вони витрачаються лише у надзвичайних випадках.

Значення вуглеводів для людини дуже велике, так як вони виконують важливі різноманітні функції.

Функції вуглеводів. *Енергетична* функція – забезпечують організм на 60% енергією. Під час окислення 1г вуглеводів виділяється 4 ккал (16,7 кДж) енергії. *Пластична* функція – беруть участь у синтезі багатьох речовин, необхідних для життєдіяльності організму (нуклеопротеїди, ліпоїди, складні ферменти, мукополісахариди і ін.) *Регуляторна* функція – регулюють (харчові волокна) функцію шлунково-кишкового тракту. *Специфічна* функція – виконують організмі особливі функції, наприклад, беруть участь у проведенні нервових імпульсів, утворенні антитіл, забезпечують специфічність груп крові, нормальну діяльність центральної нервової системи. *Запасаюча* функція – відкладаються в організмі у вигляді запасного вуглеводу глікогену, який витрачається в міру необхідності. Він знаходиться в основному у печінці $\approx 10\%$ і у м'язах $\approx 2\%$. Під час голодування запаси його знижуються до 0,2%. *Захисна* функція – в'язучі секрети, які виділяються різними залозами і багаті на мукополісахариди, захищають стінки деяких порожнистих органів від механічних пошкоджень і від проникнення патогенних бактерій і вірусів.

Потрібно чітко знати класифікацію вуглеводів. Моносахариди не підлягають гідролітичному розщепленню з утворенням менших молекул вуглеводів. Їх загальна формула $C_nH_{2n}O_n$. За кількістю атомів карбону в молекулі моносахариди поділяються на групи. Найбільш поширеними є гексози та пентози. Під час їх перетворення в живих організмах утворюються триози, тетрози, гептози. Найбільше значення в організмі людини мають триози, пентози і гексози. За розміщенням карбонільної групи моносахариди поділяють на ряди структурних ізомерів: альдози та кетози. Вони можуть існувати у двох формах: лінійній (ациклічній) і циклічній. Ці форми знаходяться у динамічній рівновазі, їх взаємоперетворення називається таутомерією. Олігосахариди – містять від 2 до 10 залишків моносахаридів. У цю групу входять дисахариди, трисахариди і ін. Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза. Полісахариди – високомолекулярні вуглеводи, які складаються із великої кількості моносахаридів. Вони поділяються на гомополісахариди (входять моносахариди тільки одного типу) і гетерополісахариди (входять моносахариди різного типу). Найважливішими полісахаридами є крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза), пектинові речовини.

З точки зору харчової цінності вуглеводи поділяють на:

- ті, що засвоюються (моно та олігосахариди);
- ті, що не засвоюються (целюлоза, геміцелюлоза, інулін, пектин, камеді, слизи).

Вуглеводи, які не засвоюються, в організмі людини не утилізуються, але вони досить важливі для травлення і складають групу харчових волокон (ХВ).

Функції ХВ в травленні:

- стимулюють моторну функцію кишківника;
- запобігають всмоктуванню холестерину;
- позитивно впливають на нормалізацію складу мікрофлори кишківника, уповільнюють процеси гниття;
- впливають на ліпідний обмін, порушення якого призводить до ожиріння; адсорбують жовчні кислоти;

- сприяють зниженню вмісту та видаленню токсичних речовин, у т.ч. важких металів, радіонуклідів, канцерогенів;
- зв'язують воду.

Серед незасвоєваних вуглеводів важливе значення мають клітковина (целюлоза), геміцелюлоза, протопектин, лігнін, пектини, слиз та камеді. Вони складають основу харчових волокон. Клітковина і геміцелюлоза є структурними компонентами оболонки клітин. Вони мають здатність зв'язувати воду (0,4 г води на 1 г клітковини) і є наповнювачами їжі. Добова норма харчових волокон для дорослої людини становить 25-30 г. Водночас переважання грубої овочевої їжі також небажане і призводить до неповного перетравлення їжі, порушення всмоктування мінеральних речовин та вітамінів. Це призводить до утворення надлишкових газів у кишечнику, проносу та болів у шлунку. Тут дуже важливе почуття міри і мудрість у використанні грубої овочевої їжі. Недостатність у раціоні овочів із високим вмістом харчових волокон призводить до порушення обміну речовин, погіршення травлення та загального ослаблення організму, збільшення серцево-судинних захворювань, злоякісних утворень товстої кишки. Характерними хворобами при дефіциті харчових волокон є виразкова хвороба шлунку і дванадцятипалої кишки, сечокам'яна хвороба та подагра.

Основним джерелом харчових волокон є продукти рослинного походження: пшеничні висівки, овочі, фрукти, хліб грубого помелу, крупи, ягоди.

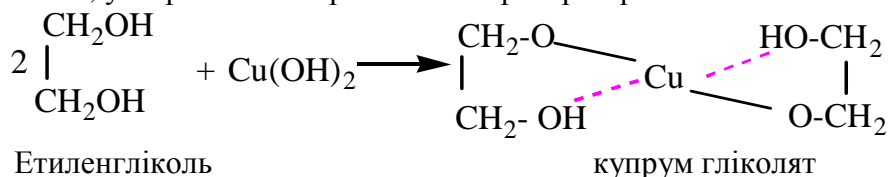
4. Експериментальна частина

Обладнання і реактиви: 1% розчини глюкози, фруктози, сахарози, лактози, 10% розчин натрій гідроксиду, 5% розчин купрум(II) сульфату, реактив Фелінга, амоніачний розчин аргентум оксиду, реактив Селіванова (1% розчин резорцину в 25-30% розчині хлоридної кислоти), 5% розчин меду, крохмальний клейстер, розчин йоду, 2н розчин H_2SO_4 , розчин I_2 у KI .

Зміст роботи

4.1. Виявлення гідроксильних груп у вуглеводах

На відміну від одноатомних, дво-, три- і багатоатомні спирти реагують з гідроксидами деяких важких металів, наприклад з купрум (II) гідроксидом гліколі утворюють комплексні гліколяти. При цьому не розчинний у воді $Cu(OH)_2$ в гліколі легко розчиняється, утворюється яскраво-синій прозорий розчин:



У 4 пробірки наливають по 10 крапель 10 % розчину $NaOH$ і додають по 10 крапель 5% розчину $CuSO_4$. Спостерігається утворення осаду купрум(II) гідроксиду ($Cu(OH)_2$). В 1 пробірку додати 3 краплі 1% розчину глюкози, в 2 – 1% р-ну фруктози, в 3 – 1% р-ну сахарози, в 4 – 1% р-ну лактози. Вміст всіх пробірок струсити. Спостерігають розчинення осаду купрум(II) гідроксиду і утворення розчинів синього кольору. Розчинення осаду відбувається за рахунок взаємодії $Cu(OH)_2$ з гідроксильними групами вуглеводів з утворенням розчинних комплексних сполук. Розчини залишають для наступного досліду.

4.2. Вивчення відновлюючої здатності вуглеводів

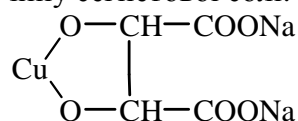
Всі вуглеводи, що мають вільну карбонільну групу (з вільним глікозидним гідроксидом), дають ряд характерних реакцій, оснований на окисненні цієї групи і відновленні деяких слабких окисників: оксидів купруму, аргентуму і ін. Олігосахариди,

що дають такі реакції, носять назву таких, що редукують, на противагу нередукуючим олігосахаридам, що не містять вільної карбонільної групи. Із збільшенням молекулярної маси редукуюча здатність падає (полісахариди її практично не проявляють). Реакції окиснення сахаридів легко відбувається в лужному середовищі і важче в нейтральному і особливо в кислому середовищі.

4.2.1. Отримані в досліді 1 розчини комплексних сполук купрум(II) з вуглеводами, перемішати і нагрівати обережно до кипіння: у тих пробірках, де знаходяться вуглеводи, що редукують, утворюється спочатку жовтий осад купрум(II) гідроксиду (CuOH), який при подальшому нагріванні переходить в червоний осад купрум(I) оксиду (Cu_2O).

4.2.2. Окиснення вугледів реактивом Фелінга

Під час нагрівання досліджуваного вуглеводу з реактивом Фелінга при наявності редукуючих вугледів утворюється червоно-бурий осад. Реактив Фелінга – це суміш купрум(II) сульфату і лужного розчину сегнетової солі:



Реакція зумовлена окисненням вуглеводу (наприклад, глюкози) і відновленням купрум(II) гідроксиду у купрум(I) гідроксид, який розкладається на воду і купрум(I) оксид червоно-бурого кольору.

Сегнетова сіль зв'язує надлишок купрум(II) гідроксиду. Сахароза, на відміну від глюкози, фруктози, лактози, мальтози та інших редукуючих вугледів, дає негативну реакцію, бо дві манози, які входять до її складу, сполучені за рахунок своїх напівацетальних гідроксилів. Позитивну реакцію дають тільки ті вуглеводи, які мають альдегідну групу або вільний напівацетальний гідроксил.

У одну пробірку помістити 5-6 крапель розчину глюкози, у другу – стільки ж розчину фруктози, в третю – розчин сахарози, в четверту – лактози. Потім у кожен пробірку додати рівний об'єм розчину Фелінга. Вміст пробірок перемішати і нагріти. Звернути увагу на появу жовто-червоного осаду купрум(I) оксиду. Навести хімізм процесу. Які вуглеводи цією реакцією визначаються?

4.2.3. Окиснення вугледів амоніачним розчином аргентум оксиду (реакція «срібного дзеркала»)

До 2-3 крапель глюкози додати 1-2 краплі амоніачного розчину аргентум оксиду. Нагріти. Спостерігати виділення або чорного осаду або, якщо стінки пробірки були чисті, наліт срібла на стінках пробірки. (Під час нагрівання пробірку не можна струшувати, тому що срібло виділиться не на стінках пробірки, а у вигляді осаду). Провести реакції з іншими вуглеводами.

Під час окиснення моносахаридів у лужному середовищі утворюється суміш продуктів окиснення у наслідок руйнування моносахаридів. Але також утвориться у невеликій кількості альдонова кислота. Запишіть хімізм окиснення глюкози до глюконової кислоти.

4.3. Реакція Селіванова на кетози

При нагріванні з концентрованими мінеральними кислотами (хлоридною, сульфатною) молекули гексоз поступово розщеплюється, утворюючи суміш різних продуктів. У числі інших речовин вони утворюють оксиметилфурфурол, який конденсується з резорцином, утворюючи сполуки з певним забарвленням. Кетози перетворюються на оксиметилфурфурол набагато швидше, ніж альдози, що обумовлює швидкість появи забарвлення і її інтенсивність в розчинах фруктози і сахарози. Ця реакція дозволяє швидко виявити в суміші сахаридів наявність кетогексоз.

У 5 пробірок помістити по 4 краплі реактиву Селіванова. В 1 пробірку помістити 4 краплі 1% розчину глюкози, в 2 – 1% р-ну фруктози в 3 – 1% р-ну сахарози, в 4 – 1% р-ну лактози, в 5 – 0,5% р-ну меду. Всі пробірки обережно повільно нагріти.

Спостерігають за появою забарвлення. У присутності кетогексоз з'являється червоне забарвлення.

4.4. Виявлення крохмалю

У пробірку помістити 5 крапель крохмального клейстеру і 1 краплю розчину йоду. Звернути увагу на колір крохмалю. Нагріти розчин, а потім охудити. Пояснити явища, що спостерігаються.

4.5. Дослідження гідролізу крохмалю

У 8 пробірок поміщають по одній краплі розчину йоду і 2 мл води. В іншу пробірку помістити 20 крапель 0,5% розчину крохмалю і 10 крапель 2н розчину H_2SO_4 , поставити для гідролізу на водяну баню. Перед початком гідролізу і через кожних 3 хвилини відбирають піпеткою краплю розчину і переносять в пробірку з розчином йоду. Послідовні проби виявляють поступову зміну забарвлення під час реакції з йодом (синє, синьо-фіолетове, червоно-фіолетове, червонувато-оранжеве, оранжеве і жовте).

Гідроліз крохмалю закінчують, коли крохмальний клейстер не даватиме кольорової реакції з йодом. Відзначають загальну тривалість гідролізу.

Крохмаль з йодом дає синє забарвлення, зумовлене утворенням адсорбційних сполук йоду з амілозою. Декстрин, залежно від величини ланцюга, з йодом забарвлюються у фіолетові, червоні, оранжеві кольори. Мальтоза і глюкоза не змінюють забарвлення йоду.

Після того як реакційна суміш перестане давати забарвлення з йодом, суміш кип'ятять ще 2-3 хвилини, охолоджують і нейтралізують 10% розчином натрій гідроксиду. До отриманого розчину доливають рівний об'єм розчину Фелінга і нагрівають. Який можна зробити висновок на підставі реакції з реактивом Фелінга? Навести схему гідролізу крохмалю.

Контрольні запитання

1. Загальна характеристика вуглеводів, їх класифікація.
2. Фізіологічне значення вуглеводів.
3. Дайте характеристику моносахаридів, наведіть формули їх основних представників. Розповсюдження моносахаридів в природі, біологічна роль.
4. Якими якісними реакціями можна виявити фруктозу і глюкозу?
5. Дайте характеристику дисахаридів, напишіть реакцію утворення із моносахаридів сахарози і мальтози. Розповсюдження дисахаридів в природі, їх використання в харчовій галузі.
6. Якісна реакція на сахарозу.
7. Охарактеризуйте полісахариди (крохмаль, глікоген, пектинові речовини, клітковина). Розповсюдження полісахаридів в природі, біологічна роль, використання в харчовій галузі.
8. Загальна характеристика вуглеводів.
9. Функції вуглеводів у харчових продуктах.
10. Наслідки надлишку та дефіциту вуглеводів, які засвоюються (доступні вуглеводи).
11. Фізіологічна роль харчових волокон.
12. Шляхи зниження цукру у харчовому раціоні.
13. Обмін вуглеводів.
14. Перетворення вуглеводів під час виробництва харчових продуктів.
15. Методи визначення вуглеводів у харчових продуктах
16. Якими якісними реакціями можна виявити крохмаль і глікоген?
17. Чим зумовлюються редуруючі властивості деяких вуглеводів? Якими реакціями вони виявляються ?

Завдання для самоконтролю

1. Запишіть формули Фішера та Хеурса для D-глюкози.
2. Запропонуйте схему одержання етанолу з крохмалю.
3. Напишіть реакції окиснення і відновлення для D-глюкози.
4. З яких моноз і за допомогою яких реакцій можна отримати глюконову кислоту і сорбіт?
5. Який об'єм повітря, в якому об'ємна частка кисню становить 21%, потрібен для повного окиснення глюкози масою 45 г? Об'єм обчисліть за нормальних умов.
6. Напишіть реакцію взаємодії D-фруктози з оцтовим ангідридом.
7. Знайдіть масу крохмалю, яка необхідна для одержання такої кількості етанолу, з якої шляхом дегідратації утворюється 33,6 л етилену (н.у.).
8. Скільки можна одержати глюкози з 1т картоплі, яка містить 22% крохмалю, якщо вихід глюкози становить 80% від теоретичного ?
9. Напишіть реакцію, яка лежить в основі одержання віскозного шовку.
10. В чому суть кислотного гідролізу крохмалю?
11. Опишіть процес мерсеризації.
12. Які з перелічених сполук вступають в реакцію «срібного дзеркала»: глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза, целюлоза?

Інформаційні джерела

1. Пищевая химия. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. / Под ред. А.П. Нечаева. – Издание 4-е, испр. и доп. – СПб.: ГИРД, 2007. – С. 122-186.
2. Дуденко Н.В., Павлоцкая Л.Ф., Кривонос М.В., Кратенко Р.Н. Биологическая химия. – Харьков: Прапор, 1999. – С.100-107
3. Павлоцька Л.Ф., Дуденко Н.В., Дмитрієвич Л.Р. Основи фізіології гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів. – Суми:ВТД «Університетська книга», 2007. – С.46-53.
4. Пасальський Б.К. Хімія харчових продуктів: Навчальний посібник. – К.: Київ. Держ.торг.-екон.ун-т, 2000. – С.93-103.