

Завдання для самостійного опрацювання з органічної та біорганічної хімії 2018-2019

н.р.

Дати відповіді на запитання.

1. Поняття про гідроксикислоти.
2. Класифікація гідроксикислот.
3. Фізичні властивості гідроксикислот.
4. Застосування гідроксикислот.
5. Основні представники гідроксикислот. Їх характеристика.
6. Загальна характеристика вуглеводів.
7. Класифікація вуглеводів. Моно-, ди- і полісахариди. Їх основні представники.
8. Загальна характеристика моносахаридів. Глюкоза.
9. Фізичні і хімічні властивості глюкози.
10. Глюкоза. Фруктоза. Спільні і відмінні властивості
11. Загальна характеристика сахарози. Властивості. Застосування.
12. Крохмаль. Знаходження у природі. Фізичні і хімічні властивості. Застосування. Добування.
13. Целюлоза. Знаходження у природі. Фізичні і хімічні властивості. застосування. Добування.
14. Види бродіння глюкози. Значення.

Виконати завдання.

1. Написати рівняння реакції фотосинтезу.
2. Написати формулу крохмалю.
3. Написати формулу шестиатомного спирту, що утворюється при відновленні глюкози.
4. Написати формулу кислоти, що утворюється при маслянокислому бродінні.
5. Написати формулу сахарози.
6. Написати рівняння реакції відновлення глюкози.
7. Написати формулу целюлози.
8. Написати рівняння реакції спиртового бродіння глюкози.
9. Написати реакцію Бутлерова добування глюкози.
10. Написати рівняння реакції взаємодії молочної кислоти з етиловим спиртом.
11. Написати рівняння реакції гідролізу крохмалю.
12. Написати рівняння реакції „срібного дзеркала”.
13. Написати рівняння реакції взаємодії молочної кислоти з натрій карбонатом.
14. Написати рівняння реакції взаємодії масляної кислоти з мурашиним спиртом.
15. Написати рівняння реакції горіння глюкози.
16. Написати рівняння реакції молочнокислого бродіння.
17. Написати рівняння реакції горіння сахарози.
18. Написати рівняння реакції взаємодії глюконової кислоти з кальцієм.
19. Написати рівняння реакції гідролізу сахарози.
20. Написати рівняння реакції горіння целюлози.

Тестова самостійна робота з теми „ Вуглеводи „

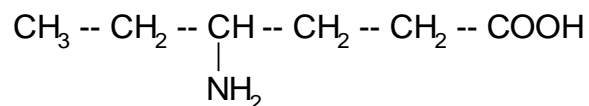
1. До моносахаридів належать: а) сполуки, що гідролізують з утворенням двох молекул, простіших за будовою; б) сполуки, що гідролізують з утворенням n молекул, простіших за будовою; в) сполуки, що не піддаються гідролізу.
2. Які з перелічених вуглеводів є моносахариди: а) глюкоза і крохмаль ; б) глюкоза і целюлоза ; в) глюкоза і фруктоза.
3. Яка з формул виражає склад молекули глюкози: а) $C_6H_{12}O_6$; б) $(C_6H_{10}O_5)_n$; в) $C_{12}H_{22}O_{11}$; г) CH_3-CH_2-COOH ;
4. Скільки форм глюкози зустрічається в природі: а) одна; б) дві ; в) три; г) чотири.
5. Розчин глюкози можна відрізнити від розчину сахарози за допомогою: а) води; б) натрій гідроксиду; в) аргентум оксиду; г) купрум(II) оксиду.
6. Назвіть функціональні групи, що зумовлюють подвійні властивості глюкози:

- а) –COOH; б) –COH; в) –OH; г) –OOH.
7. **Продуктом спиртового бродіння глюкози є:** а) етаналь; б) етанол; в) етандіол; г) вода.
8. **Виноградний цукор – це назва:** а) сахарози; б) глюкози; в) фруктози; г) крохмалю.
9. **Глюкоза та фруктоза являються природними:** а) ізопренами; б) гомологами; в) ізомерами.
10. **У які реакції, характерні для глюкози, не вступає сахароза:** а) реакції гідролізу; б) реакції „срібного дзеркала”; в) реакції відновлення; г) реакції бродіння.
11. **Яка відносна молекулярна маса глюкози:** а) 182; б) 184; в) 180; г) 345.
12. **Глюкоза здатна вступати в реакції бродіння:** а) спиртового та альдегідного; б) спиртового та молочнокислого; в) спиртового, молочнокислого, альдегідного; г) спиртового, молочнокислого та масляного.
13. **Формула молочної кислоти:** а) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$; б) $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{COOH})\text{-OH}$; в) $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-COOH}$; г) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
14. **Молярна маса сорбіту:** а) 180; б) 162; в) 345; г) 123.
15. **Глюконова кислота утворюється при:** а) гідролізі глюкози; б) горінні глюкози; в) відновленні глюкози; г) частковому окисненню глюкози.
16. **Глюкоза належить до:** а) альдегідів; б) естерів; в) кетоноспиртів; г) альдегідо спиртів.
17. **Які з наведених реакцій характерні для глюкози:** а) окислення; б) відновлення; в) заміщення.
18. **Чим подібні альдегіди та глюкоза:** а) реакцією спиртового бродіння; б) утворенням естерів; в) реакцією „срібного дзеркала”.
19. **Чим подібні багатоатомні спирти та глюкоза:** а) утворенням естерів; б) реакцією молочнокислого бродіння; в) взаємодією з купрум(II) гідроксидом.
20. **Завдяки якій реакції у природних умовах відбувається синтез глюкози:** а) окиснення крохмалю; б) крекінгом вуглеводнів; г) фотосинтезом.
21. **Целюлоза відрізняється від крохмалю:** а) відотною молекулярною масою; б) будовою структурних ланок; в) різним числом атомів Карбону.
22. **Молекули целюлози мають структуру:** а) тільки розгалужену; б) тільки лінійну; в) тільки лінійну та розгалужену.
23. **Молекули крохмалю мають структуру:** а) тільки розгалужену; б) тільки лінійну; в) лінійну та розгалужену.
24. **В реакцію фотосинтезу вступають:** а) CO та H_2O ; б) CO_2 та H_2 ; в) CO_2 та H_2O .
25. **При гідролізі сахарози утворюються дві молекули:** а) крохмалю та целюлози; б) глюкози та целюлози; в) глюкози та фруктози.
26. **Крохмаль та целюлоза належать до:** а) моносахаридів; б) дисахаридів; в) полісахаридів.
27. **Прикладом високомолекулярних сполук є:** а) фруктоза; б) сахароза; в) крохмаль.

Тестова самостійна робота з теми „ Амінокислоти „

1. Назвіть функціональні групи, що зумовлюють подвійну функцію амінокислот:
а) - COOH, NH_2 ; б) - NH_2 - NO_2 ; в) -OH, - NH_2 ; г) - NH_2 , CO.

2. Назвіть амінокислоту, яка виражена формулою:

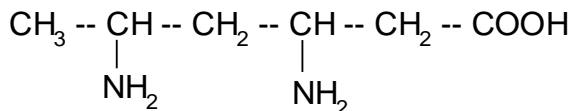


а) 3-аміногексанова; б) 4-аміногексанова; в) 3-аміногексанова; г) 4-аміногептанова.

3. Зв'язок між залишками амінокислот у молекулі білка називають:

а) водневим; б) пептидним; в) неполярним ковалентним; г) сульфідним.

4. Яку реакцію середовища матиме розчин амінокислоти такої будови: в



а) нейтральну; б) кислу; в) лужну; г) інший варіант відповіді.

5. Вибрати правильне твердження:

- а) амінокислоти одночасно проявляють властивості кислот та основ;
- б) амінокислоти проявляють лише властивості основ;
- в) амінокислоти можуть синтезуватися лише в організмі людини;
- г) амінокислоти містять чотири функціональні групи.

6. Вибрати правильне твердження. Білки це:

- а) низькомолекулярні сполуки, які складаються із білків;
- б) біополімери, які складаються з залишків амінокислот, які сполучені між собою пептидними зв'язками;
- в) високомолекулярні сполуки, які складаються з карбонових кислот;
- г) високомолекулярні сполуки, які складаються із білків.

7. Пептиди з молекулярною масою більшою за 10000 називають:

- а) олігомерами; б) мономерами; в) білками; г) нуклеїновими кислотами.

8. При взаємодії гліцину і аланіну утворюється: в

- а) трипептид гліцин-аланін;
- б) дипептид аланін-гліцин;
- в) дипептид гліцин-аланін;
- г) три пептид серин-гліцин-аланін.

9. До складу поліамідних високомолекулярних сполук входять:

- а) амідна група $\text{--NH--}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{--}$ б) карбоксильна група $\text{--}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{--H}$

в) аміногрупа NH_2

- г) амідна група, $\text{--NH--}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{--}$ що сполучає окремі ланки полімерного ланцюга.

10. Вкажіть у якій послідовності потрібно використати речовини, щоб здійснити перетворення пропаналь $\rightarrow \alpha$ -аланін:

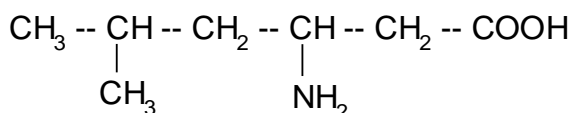
- а) $\text{Cu(OH)}_2, \text{NH}_3, \text{Cl}_2$; б) $\text{NH}_3, \text{Cl}_2, \text{Cu(OH)}_2$; в) $\text{Ca(NO}_3)_2, \text{Cu(OH)}_2, \text{Cl}_2$; г) $\text{Cu(OH)}_2, \text{Cl}_2, \text{NH}_3$.

В-2

1. Вкажіть назву функціональних груп амінокислот:

- а) карбонільна аміногрупа;
- б) карбоксильна, аміногрупа;
- в) карбоксильна нітрогрупа.
- г) дві карбоксильні групи.

2. Назвіть амінокислоту, яка виражена формулою:



- а) 4-аміногексанова; б) 2-аміно- 4- метилгептанова; в) 3-аміно 4-метилгексанова;
г) 2-амінокапонова.

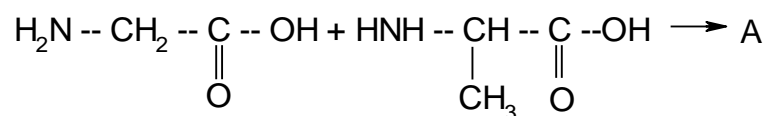
3. При утворенні трипептиду залишки амінокислот сполучаються між собою: а) одним пептидним зв'язком;
б) трьома пептидними зв'язками; в) водневим зв'язком; г) йонним зв'язком.

4. Визначити колір індикатора лакмусу фіолетового у водному розчині гліцину:
а) червоний; б) фіолетовий; в) синій; г) безбарвний

5. Первинна структура білка це:

- а) просторова конфігурація, якої набуває поліпептидний ланцюг;
б) послідовність чергування карбоксильних груп
в) послідовність чергування аміногруп.
г) послідовність, у якій залишки α - амінокислот сполучені у молекулі білка

6. Назвати кінцевий продукт А у схемі реакції: г



- а) А –серин –аланін; б) А – аланін –лізин; в) А – лізин – цистеїн; г) А – гліцин-аланін.

7. Пептиди – це амідні, які утворюються внаслідок взаємодії:

- а) двох карбоксильних груп;
б) трьох аміногруп;
в) аміногруп і карбоксильних груп амінокислот;
г) однієї аміногрупи і двох карбоксильних груп.

8. Вкажіть формулу солі, що утворюється в результаті взаємодії калій гідроксиду з β – аланіном:

- а) $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ б) $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOK}$

- в) $\text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{C}}} - \underset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{COOH}$ д) $\text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{COOK}$

9. Вказати ізомер β – аміномасляної кислоти:

- а) $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}} - \text{COOH}$ б) $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

- в) $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{NH}_2}{\underset{|}{\text{CH}}} - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_3$ д) $\text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{|}{\text{CH}}} - \text{COOC}_2\text{H}_5$

10. Вкажіть кількість дипептидних зв'язків у молекулі трипептиду, який утворений амінооцтовою кислотою:

- а) 4; б) 2; в) 3; г) 5.

В-3

1. Будову амінокислот можна розглядати як:

- а) похідні алканів у молекулах яких атом Гідрогену заміщений аміногрупою;
 б) похідні карбонових кислот, у яких атом Гідрогену у карбоновому радикалі заміщений на аміногрупу;
 в) похідні карбонових кислот, у яких атом Гідрогену заміщений на аміногрупу;
 г) похідні спиртів, у яких атом Гідрогену заміщений атомом металу.

2. Амінокислоти у водних розчинах проявляють властивості:

- а) кислотні; б) основні; в) амфотерні; г) окисно-відновні

3. Денатурація білка це:

- а) оборотний процес зсідання білка;
 б) втрата природних якостей білка при його розчиненні у воді;
 в) розщеплення полімерної білкової молекули на амінокислоти;
 г) руйнування складної структури білка, що призводить до втрати ним біологічної активності.

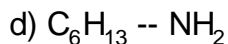
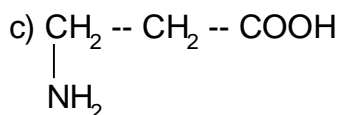
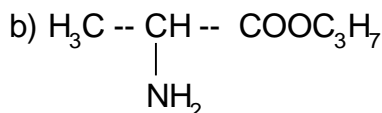
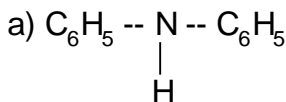
4. Кольорова реакція білка з концентрованою нітратною кислотою доводить те що :

- а) у структурі білка присутнє бензенове кільце;
 б) білок - поліпептид;
 в) у структурі білків є водневі зв'язки;
 г) білок містить залишки амінокислот.

5. Вибрати правильне твердження. Поліпептидами прийнято вважати:

- а) пептиди з молекулярною масою до 50000
 б) пептиди з молекулярною масою до 500000;
 в) пептиди з молекулярною масою до 10000;
 г) полімери з молекулярною масою до 2000.

6. Серед запропонованих формул амінів вибрати формулу амінокислоти:



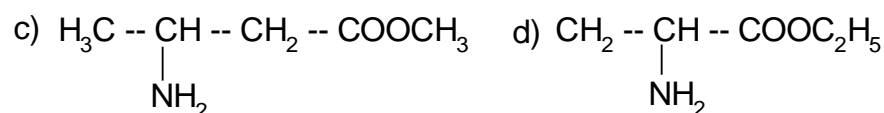
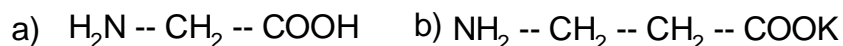
7. Амінокислотами називають органічні сполуки, які

- а) одночасно містять як карбоксильну, так і аміногрупу;
 б) одночасно містять дві карбоксильні групи;
 в) одночасно містять дві аміногрупи;
 г) одночасно містять карбонільну і дві гідроксильні групи.

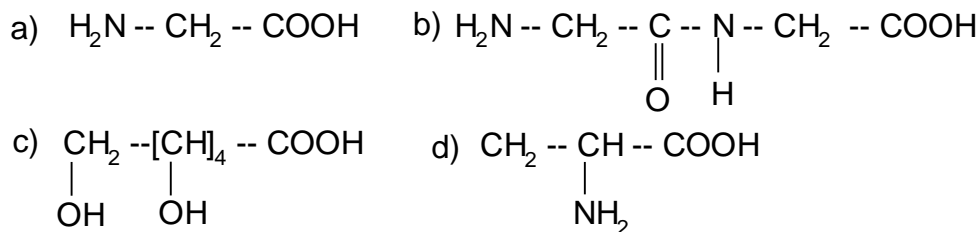
8. Вкажіть групу, у якій всі речовини взаємодіють з α -амінопропіоновою кислотою:

- а) CH_3OH , NaOH , HCl ; б) H_2O , H_2 , F_2 ; в) Al_2O_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, F_2 ; г) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, KOH , HNO_3 .

9. Вкажіть формулу продукту естерифікації β -аміномасляної кислоти з метанолом: с.



10. Вкажіть формулу α -аланіну:



В-4

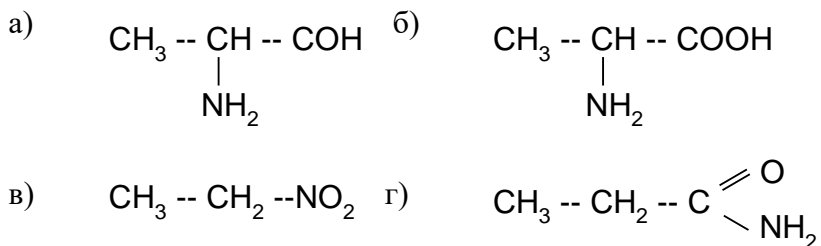
1. Ізомерія амінокислот зумовлюється:

- а) положенням аміногрупи відносно карбоксильної групи;
 б) розгалуженням карбонового ланцюга;
 в) положенням аміногрупи відносно карбоксильної групи і розгалуженням карбонового ланцюга.
 г) будовою аміногрупи.

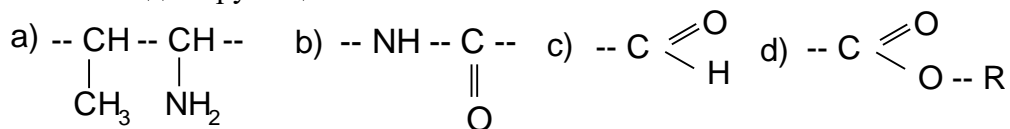
2. Гліцин це:

- а) дипептид α - аланіну; б) дипептид аміноетанової кислоти;
 в) трипептид амінооцтової кислоти; г) амінооцтова кислота.

3. Яку із запропонованих речовин можна віднести до амінокислот:



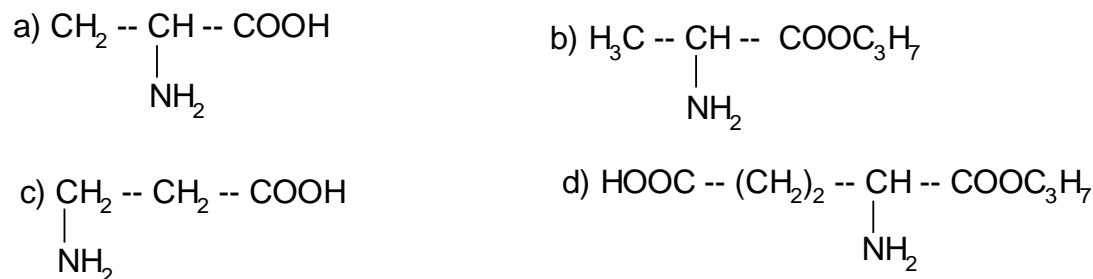
4. Поліамідна група це:



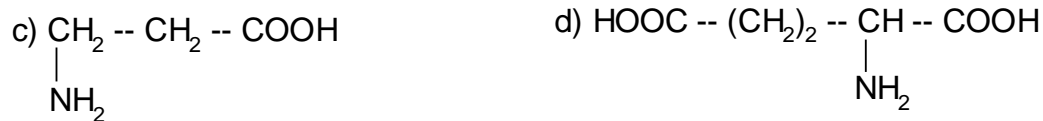
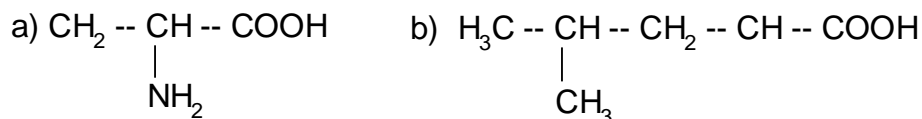
5. З α - амінопропіоновою кислотою взаємодіють:

- а) гліцин, α - аланін; б) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, FeCl_3 , KOH ; в) гліцин, α - аланін, MgO ;
 г) H_2O , H_2 , α - аланін.

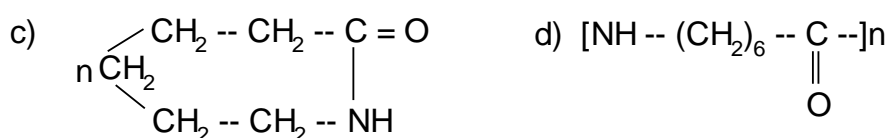
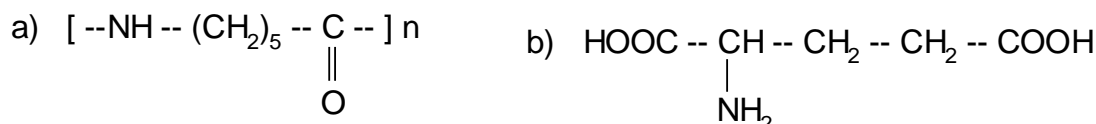
6. Вкажіть формулу продукту етерифікації α -аланіну пропанолом:



7. Вкажіть формулу α -аланіну:



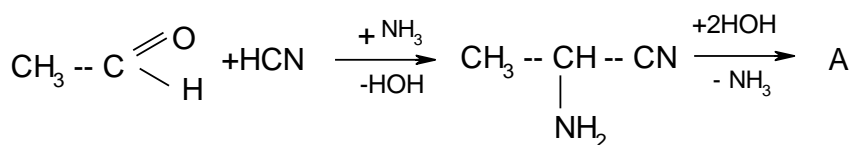
8. Вказати формулу енанту:



9. Капрон добувають реакцією:

- а) полімеризації вінілхлориду;
 б) полімеризацією капролактаму;
 в) поліконденсацією амінокапронової кислоти і фенолу;
 г) кополімеризацією капролактаму і аміномасляної кислоти.

10. Вказати кінцевий продукт А у схемі реакції:



- a) $\text{A} - \text{H}_3\text{C} - \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_3$ b) $\text{A} - \text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
 c) $\text{A} - \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH}$ d) $\text{A} - \text{CH}_3 - \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH}$

11. ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. – К.: “Перун”, 2002. – 544 с.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ – Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.:Вища школа,1992. – 503с
4. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия. – М.: Высш. шк., 1981. – 592 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: “Просвещение”, 1973.

6. Черних В.П., Зіменковський Б.С., Гриценко І.С. Органічна хімія: У 3 кн. – Харків: “Основа”, 1997. – Кн. 1. – 145 с.; Кн. 2. – 480 с.; Кн. 3. – 256 с.
7. Глубіш П.А. Органічна хімія. – К.: Вища шк., 2002.
8. Органічна хімія. Методичні вказівки / Укл.: Скрипська О.В., Андрійчук Ю.М. – Чернівці: Рута, 2007. – 58 с.
9. Органічна хімія: рекомендації до лабораторних робіт з органічної хімії / укл. О.В. Скрипська, О.М. Букачук, А.Ф. Чобан. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2009. – 92 с.
10. Біохімія: Підручник / М.Є.Кучеренко, Р.П. Виноградова, Ю.Д. Бибенюк та ін. – К.: Либідь, 1995 – 464 с.
12. Боєчко Л.Ф. Основні біохімічні поняття, визначення та терміни: Навч. посібник. / Л.Ф. Боєчко, Л.О. Боєчко. – К.: Вища школа, 1993. – 528 с.
13. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: навч. посібник. – 2-е вид., перероб і допов. / Ф.Ф. Боєчко. – К.: Вицашк., 1995. – 536 с.
14. Гринштейн Дж. Химия аминокислот и пептидов. / Дж. Гринштейн, М. Виниц. Пер. с англ. В.К. Антонова, Э.М. Бамдас, Ю.А. Овчинникова, под ред. М.М. Шемякина. – М.: Мир, 1965. – 821 с.
15. Копильчук Г.П. Біохімія: навч. посібник / П.П. Копильчук, О.М. Волощук, М.М. Марченко. – Чернівці: Рута, 2004. – 224 с.
16. Мартинюк Г.В. Органічна хімія Тести. Навч. посіб. / Г.В. Мартинюк, О.М. Волошин, І.В. Мартинюк. – Рівне: О. Зень, 2013. – 288с

Додаткова література

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991.
2. Терней А. Современная органическая химия: В 2 кн. – М.: Мир, 1981. – Т. 1-2.
3. Кононський О.І. Органічна хімія. – К.: Укрсільгоспкнига, 1993. – 533 с.
4. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2000.
5. Березов Т.Т. Биологическая химия: Учебник., изд. 3-е, перераб. и доп. / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 1998. – 704 с.
6. Биологическая химия: учеб. пособие / Н.В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцкая, М.В. Кривонос, Р.И. Кратенко – Х.: Прапор, 1999. – 320 с.
7. Биохимия: Учебник – 2-е изд., испр. / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-МЕД., 2004. – 784 с.

8. Кнорре Д.Г. Биологическая химия: Учеб. для хим., биол. и мед. спец. вузов. – 3-е изд., испр. / Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина. – М.: Высш. шк., 2000. – 479 с.
9. Серпинской, Л.Г. Тер-Саркисян, под ред. Л.М. Гинодмана, В.И. Кандрора. – М.: Мир, 1993. – 415 с.
10. Тюкавкина Н.А. Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – 4-е изд. стереотип. – М.: Дрофа, 2005. – 542 с.

12. Інформаційні ресурси

1. www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed – вільний доступ до бази наукових даних в галузі біомедичних наук.
2. www.biochemistry.org.ua – офіційний сайт інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України.
3. www.brci.kiev.ua – офіційний сайт інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України.
4. www.ximuk.ru – статті з біохімії у вільному доступі.
5. www.pereplet.ru/cgi/soros/readdb.cgi – Соросовський освітній журнал – вільний доступ до науково-популярних статей з біохімії, біології та хімії.

Лекції з курсу органічна та біоорганічна хімія

Лекція.1. Гідроксикислоти. Загальна характеристика. Гомологічний ряд. Фізичні та хімічні властивості. Застосування. Добування.

План.

1. Поняття про гідроксикислоти.
2. Класифікація гідроксикислот.
3. Фізичні властивості гідроксикислот.
4. Хімічні властивості.
5. Уявлення про оптичні ізомери, рацемічну суміш.

1. Класифікація, ізомерія, номенклатура гідроксикислот

Гідроксикислоти — органічні сполуки, молекули яких містять дві функціональні групи: карбоксильну та гідроксильну. Залежно від кількості карбоксильних груп розрізняють одно-, двох- та багатоосновні кислоти, а від кількості гідроксогруп (включаючи гідроксогрупу, яка входить до складу карбоксильної групи) — двох-, трьох- та багатоатомні оксикислоти.

За будовою вуглеводневого радикалу, з яким зв'язані окси- і карбоксильні групи, оксикислоти поділяють на аліфатичні (насичені і ненасичені), ароматичні, гетероциклічні.

Для назв оксикислот широко використовують тривіальні назви, а також но-менклатуру ІУРАС та раціональну.

Гідроксикислоти – похідні карбонових кислот, в яких один чи декілька атомів Гідрогену в радикалі заміщені однією чи кількома гідроксильними (спиртовими) групами, тобто

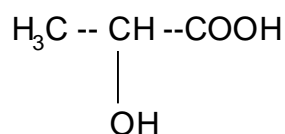
гідроксикислоти мають дві різні функціональні групи– карбоксильну (кислотну) та гідроксильну (спиртову). За числом карбоксильних груп їх поділяють на одно-, дво- та трьохосновні; за числом спиртових груп– на моно-, ди та тригідроксикислоти і т.д. За номенклатурою IUPAC назви гідроксикислот утворюють введенням префікса гідроксидо назви карбонової кислоти з позначенням атома Карбону, біля якого знаходиться гідроксильна група.

2. Класифікація. Методи добування γ - та β -, α гідроксикислот.

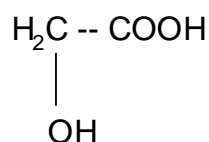
Гідроксикислоти класифікуються : 1) за основністю:

Одноосновні (1 груп COOH)

молочна

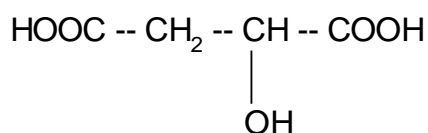


гліколева

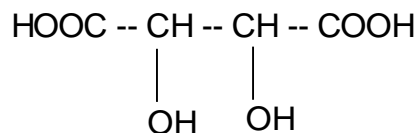


2.) Двоосновні 2 групи COOH

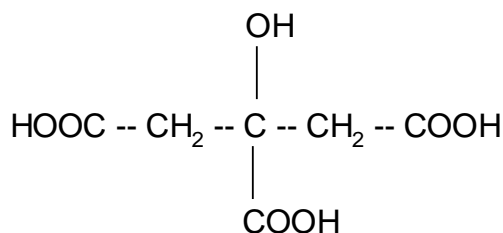
Яблучна



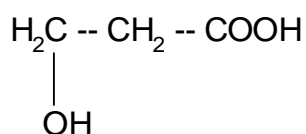
винна



3) триосновні 3 групи COOH

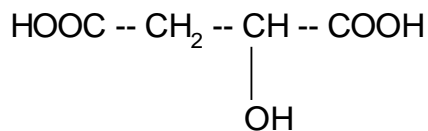


2 за атомністю –кількість груп OH , враховуючи групи OH в карбоксильних групах
двохатомні



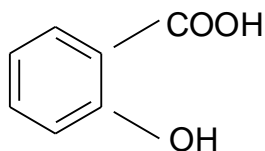
β - гідроксипропіонова

триатомні – яблучна або 2-гідроксибутандіова

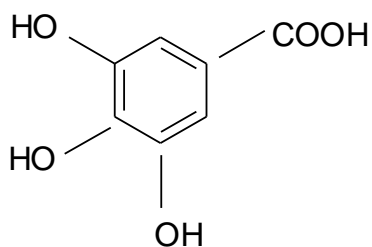


3) за радикалом:

а) аліфатичні (всі наведені вище) б) ароматичні – гідроксильні та і карбоксильні групи
гідроксикислот зв'язані з ароматичним ядром

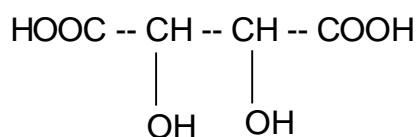
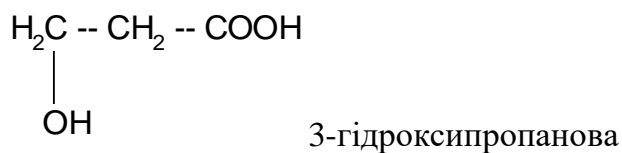


2-гідроксибензенова кислота або саліцилова



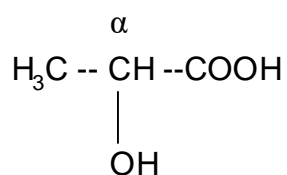
3,4,5 тригідроксибензенова (галова) кислота

За правилами номенклатури IUPAC їх називають за відповідною карбоною кислотою з додаванням префікса гідрокси-. Нумерація починається з атома карбону карбоксильної групи:



2,3 дигідроксибутандіова кислота (винна)

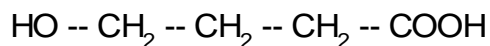
За раціональною номенклатурою положення гідроксильної групи позначається α , β , γ тощо:



α –гідроксипропіонова кислота

α -молочна

$\gamma \quad \beta \quad \alpha$



γ - гідроксибутиратна

Крім того, для гідроксикислот характерне збереження історичних (емпіричних) назв – гліколева, молочна, винна, яблучна тощо

Більшість природних гідроксикислот – біополімери, які утворюються в організмі при перетворенні вуглеводів, амінокислот, жирних кислот, тобто є інтермедіантами внутріклітинного обміну речовин. Особливо важливими є гідрокси-похідні дикарбонових кислот – яблучна, та три карбонових – лимонна – 2-гідрокси-1,2,3 –пропантрикарбонова кислота.

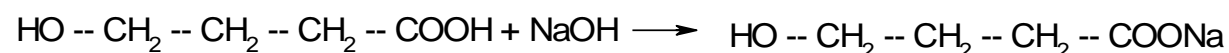
3. Фізичні властивості гідроксикислот. Уявлення про поляризацію світла, площину поляризації, величину кута обертання. Схема будови поляриметра. Питоме обертання. Молярне обертання.

Оптична активність - здатність речовин обертати площину поляризації променю поляризованого світла. Речовини, які мають такі властивості є оптично-активними речовинами. Здатність обертання площини поляризації світла пов'язана з асиметрією в просторовій будові молекул оптично активних речовин. Якщо в молекулі речовини є хоч один атом Карбону, який з'єднаний із чотирма різними атомами або групами, то такі молекули асиметричні, тобто не мають площини симетрії. Це є причиною оптичної активності речовин.

Атоми Карбону, що з'єднані з чотирма різними атомами або групами атомів називають асиметричними (хіральними) атомами Карбону. Асиметричний атом Карбону в формулі молекули позначається зірочкою.

4. Хімічні властивості гідроксикислот визначаються наявністю в їх молекулах двох функціональних груп - карбоксильної та гідроксильної. Карбоксильна зумовлює кислотні властивості, а гідроксильна спиртові. Карбоксильна група зумовлює утворення солей, естерів, амідів, галоген ангідридів:

1. Взаємодія з лугами

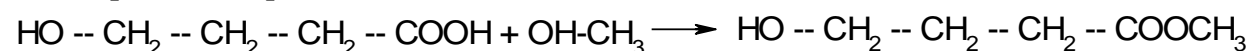


4-гідроксибутанова

4-гідроксибутаноат натрію

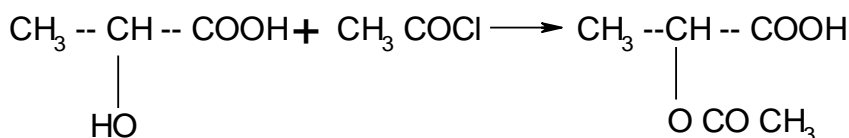
(4-гідроксибутират)

2. Утворення естерів:



За гідроксильною групою гідроксикислоти утворюють алкоголяти, етери та естери. При окисненні групи OH- утворюються альдегіди та кетонкислоти

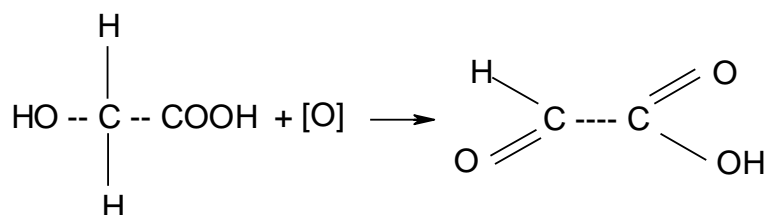
Утворення естерів при ацилюванні гідроксикислот (використовують галоген ангідриди або ангідриди кислот)



2-гідроксипропанова (молочна)

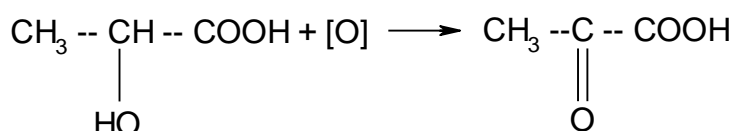
2-ацетопропанова

2. Окиснення гідроксикислот з утворенням оксокарбонів кислот



Гліколева

Гліоксилова кислота



Молочна

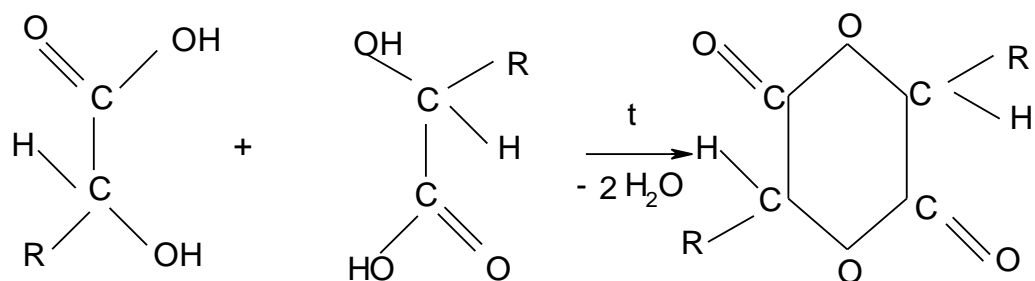
Піровиноградна

Окиснення гідроксикислот в біохімічних системах також відбувається шляхом дегідратування за участю спеціальних ферментів дегідрогеназ. Окиснення в організмі гідроксипохідних довголанцюгових карбонів кислот здійснюється шляхом дегідратування ОН груп, які знаходяться в β -положенні, після переведення жирної кислоти в спеціальну активовану молекулярну форму – комплекс із коферментом ацилювання – коензимом А.

Дегідратація гідроксикислот.

Подібно до амінокислот, гідроксикислоти при нагріванні вступають у реакції внутрімолекулярної та міжмолекулярної дегідратації з утворенням лактидів та лактонів

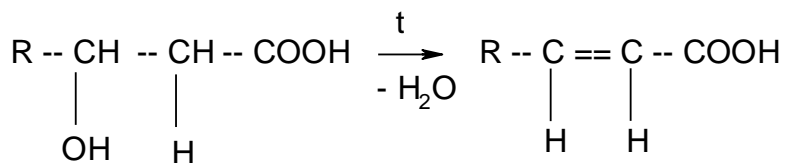
а) α -гідроксикислоти при нагріванні вступають в реакцію міжмолекулярної дегідратації, утворюючи лактиди – циклічні естери, які мають 2 естерні угруповання:



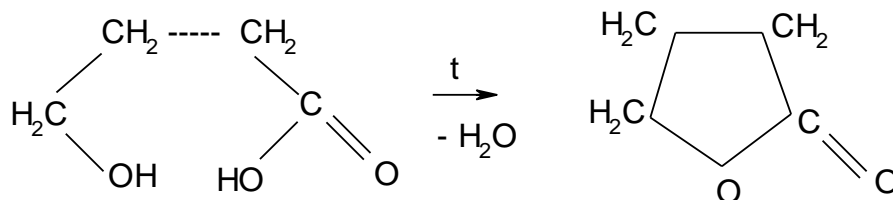
α -гідроксикислоти

Лактид

β -гідроксикислоти при нагріванні відщеплюють воду внутрімолекулярно при кімнатній температурі. В результаті утворюються α і β -ненасичені карбонів кислот



γ та σ гідроксикислоти найлегше вступають в реакції внутрімолекулярної дегідратації при кімнатній температурі з утворенням естерів –лактонів.



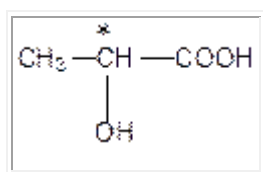
Як і в разі утворення лактамів з амінокислот, формуванню лактонів сприяє перебування молекул гідроксикислот у клішнєподібній конформації. Лактони і лактиди здатні до гідролітичного розщеплення з утворенням вихідних гідроксикислот.

Уявлення про оптичні ізомери, рацемічну суміш. Оптичні ізомери відрізняються різним розташуванням атомів або груп атомів у просторі навколо асиметричного атому Карбону. Їх кількість (N) дорівнює $N = 2^n$, де n- кількість асиметричних атомів Карбону в молекулі.

Оптичні антиподи (дзеркальними ізомерами або енантіомерами) - це оптичні ізомери, які подібні між собою як предмет і його дзеркальне відображення. Вони виявляють однакові фізичні, хімічні властивості, але різну фізіологічну дію.

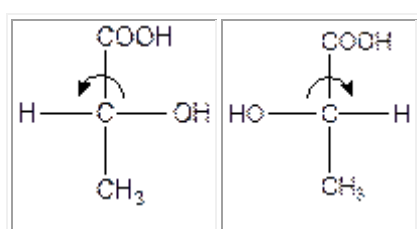
Для просторового відображення оптичних ізомерів, крім тетраедричних моделей, широко використовуються проєкційні формули Фішера.

Розглянемо оптичні ізомери на прикладі молочної кислоти:



Між кількістю асиметричних атомів Карбону в молекулі (n) і кількістю оптичних ізомерів (N) існує певна залежність: $N = 2^n$.

У молочної кислоті один асиметричний атом Карбону, тому її молекула існує у вигляді двох оптичних ізомерів:



Ці ізомери обертають площину поляризованого світла на один і той же кут, але один ліворуч (-), а другий праворуч (+).

Суміш однакової кількості ліво- і правообертаючих ізомерів — рацемічна суміш, або рацемат, оптично неактивна і позначається dl або r.

Оптичні ізомери розрізняють не тільки за напрямком обертання, але й за конфігурацією, тобто за розташуванням замісників навколо останнього асиметричного атому Карбону, відносячи їх до D- або L-ряду. Оптично активні сполуки, в молекулах яких гідроксогрупа – OH біля останнього асиметричного атому Карбону розміщується праворуч, відносять до D-ряду, і відповідно, речовини, в молекулах яких вона розміщена ліворуч — до L-ряду.

Література

1. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. – К.: “Перун”, 2002. – 544 с.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ – Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.:Вища школа,1992. – 503с
4. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия. – М.: Высш. шк., 1981. – 592 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: “Просвещение”, 1973.
6. Черних В.П., Зіменковський Б.С., Гриценко І.С. Органічна хімія: У 3 кн. – Харків: “Основа”, 1997. – Кн. 1. – 145 с.; Кн. 2. – 480 с.; Кн. 3. – 256 с.
7. Глубіш П.А. Органічна хімія. – К.: Вища шк., 2002.
8. Органічна хімія. Методичні вказівки / Укл.: Скрипська О.В., Андрійчук Ю.М. – Чернівці: Рута, 2007. – 58 с.
9. Органічна хімія: рекомендації до лабораторних робіт з органічної хімії / укл. О.В. Скрипська, О.М. Букачук, А.Ф. Чобан. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2009. – 92 с.
10. Біохімія: Підручник / М.Є.Кучеренко, Р.П. Виноградова, Ю.Д. Бибенюк та ін. – К.: Либідь, 1995 – 464 с.
12. Боечко Л.Ф. Основні біохімічні поняття, визначення та терміни: Навч. .Посібник. / Л.Ф. Боечко, Л.О. Боечко. – К.: Вища школа, 1993. – 528 с.
13. Боечко Ф.Ф. Біологічна хімія: навч. посібник. – 2-е вид., перероб і допов. /Ф.Ф. Боечко. – К.: Вища шк., 1995. – 536 с.
14. Геваза Ю.І. Основи органічної хімії : навч. посіб. / Ю.І. Геваза, Ю.П. Гетьманчук. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. – 356 с. ISBN 978-966-629-642-2
16. Мартинюк Г.В. Органічна хімія Тести. Навч. посіб. / Г.В. Мартинюк, О.М. Волошин, І.В. Мартинюк. – Рівне: О. Зень, 2013. – 288с

Лекція № 2-3 (4години). Вуглеводи. Загальна характеристика і класифікація вуглеводів. Основні представники. Моно- ди – і полісахариди. Властивості Застосування

1. Загальна характеристика і класифікація вуглеводів.
2. Будова вуглеводів.
3. Цикло-оксотаутомерні перетворення сахаридів.
4. Способи добування моносахаридів.

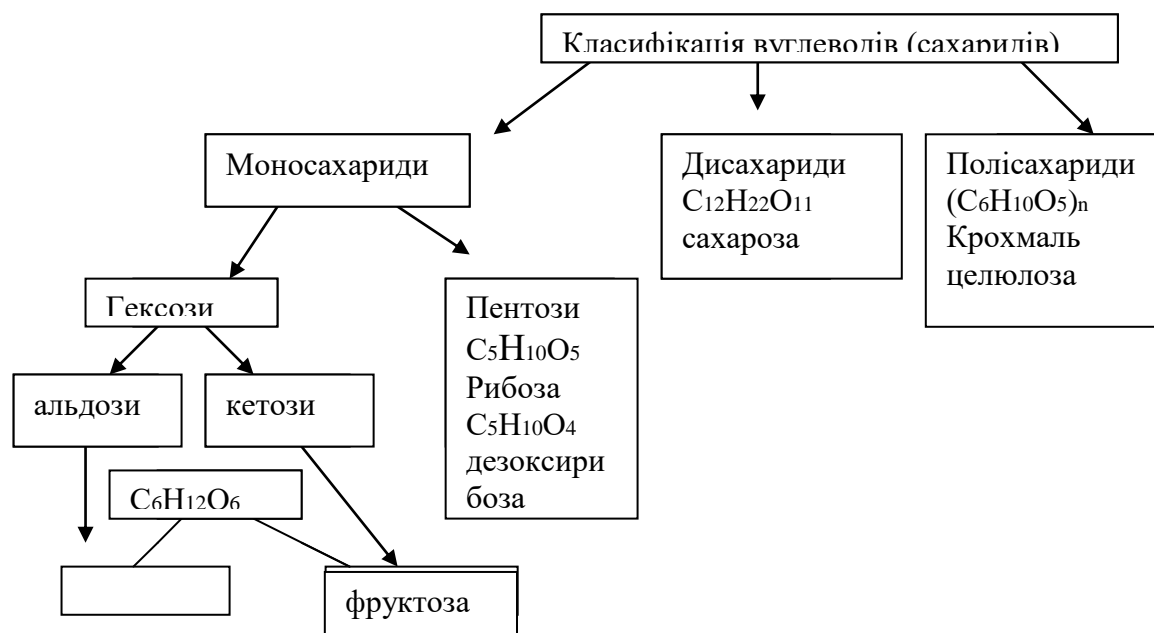
Ключові слова: вуглеводи, моносахариди, фотосинтез, мутаротація, глікозидний гідроксил, цикло- оксотаутомерія, піранозний цикл, фуранозний цикл, глюкоза, маноза, галактоза, фруктоза, формула Хеуорса.

ВУГЛЕВОДИ

Органічні речовини класу вуглеводів досить поширені в природі. Представниками вуглеводів є виноградний цукор (глюкоза), фруктовий цукор (фруктоза), буряковий і тростинний цукор (сахароза), крохмаль та целюлоза та ряд інших. У результаті процесу фотосинтезу рослинами щорічно на нашій планеті синтезується $\sim 4 \cdot 10^{10}$ т вуглеводів. Близько 80% сухої речовини рослин припадає на вуглеводи. В зерні, картоплі, овочах, плодах вуглеводи є резервною поживною речовиною.

Вуглеводи входять до складу їжі і є одними з найважливіших харчових продуктів людини. Потреба людини в енергії покривається при харчуванні значною мірою якраз за рахунок вуглеводів. Поряд з білками, нуклеїновими кислотами і ліпідами вуглеводи є необхідною складовою частиною організму людини і тварини, де вони виконують свої біологічні функції. Деякі складні білки, нуклеїнові кислоти, тобто речовини, які тісно пов'язані з процесами життєдіяльності, також містять вуглеводи.

Назву „вуглеводи” запропонував в 1844 році К.Шмідт на тій основі, що всі ці речовини можна формально розглядати як сполуки Карбону з водою, наприклад $C_6H_{12}O_6$ або $6C \cdot 6H_2O$. На даний час відомо, що вуглеводи не є гідратами карбону, проте старі назви залишились. Вуглеводи поділяють на дві великі групи: прості і складні. Простими називають вуглеводи, які не гідролізують з утворенням більш простих вуглеводів. Хімічний склад простих вуглеводів можна подати формулою $-C_nH_{2n}O_n$, де $n=4,5,6,7$. Складні вуглеводи гідролізують з утворенням простих сахаридів. За складом поділяють на моносахариди, ди- і полісахариди.



Моносахариди. Хімічний склад моносахаридів - $C_nH_{2n}O_n$. Свою назву моносахариди отримали від грецького моно, і закінчення *-оза*. Так, сполука $C_5H_{10}O_5$ - пентоза, $C_6H_{12}O_6$ - гексоза. На основі експериментальних досліджень було встановлено, що глюкоза - п'ятиатомний альдегідо спирт. Аналогічно було встановлено, що в молекулі фруктози міститься п'ять OH - груп. Проте вона окиснюється в досить жорстких умовах. При такому окисненні карбоновий ланцюг її молекули розривається після другого карбонового атома і утворюється щавлева кислота $HOOC-COOH$ і винна кислоти $HOOC-CHOH-CHOH-COOH$. Таке окислення характерне для кетонів. Тому було прийняте припущення, що кетонна група в молекулі фруктози знаходиться біля другого атома Карбону.

$ \begin{array}{ccccccc} & CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH & - & CH & - & C & \begin{array}{l} // O \\ \backslash H \end{array} \\ & & & & & & & & & & & \\ OH & OH & OH & OH & OH & OH & OH & OH & OH & OH & OH & OH \end{array} $	$ \begin{array}{ccccccc} CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH & - & C & - & CH_2 \\ & & & & & & & & & & \\ OH & OH & OH & OH & O & OH & O & OH & O & OH & OH \end{array} $
глюкоза	фруктоза

Класифікація. Моносахариди поділяють залежно від:

- кількості атомів карбону в молекулі (тетрози, пентози, гексози);
- наявності альдегідної або кетонної групи (альдоза, кетози). Глюкоза є альдогексозою, фруктоза - кетогексозою.
- конфігурації молекули, тобто від просторового розташування груп атомів по відношенню до найбільш віддаленого від карбонільної групи асиметричного атома карбону.

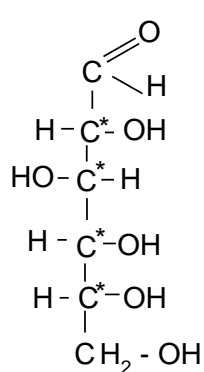
Ізомерія. Для вуглеводів характерні кілька типів ізомерії.

1) Ізомерія, зумовлена наявністю альдегідної або кетонної групи. Прикладом такого виду ізомерії є глюкоза і фруктоза. Вони мають загальну формулу $C_6H_{12}O_6$, проте відрізняються тим, що глюкоза містить альдегідну групу, а фруктоза - кетонну.

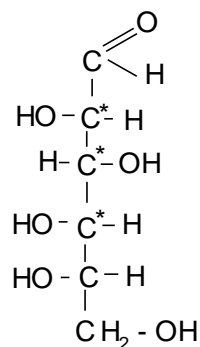
2) Ізомерія зумовлена наявністю асиметричних атомів карбону. У молекулі альдогексози (глюкози) і кетогексози (фруктози) є асиметричні (сполучені з чотирма різними атомами або групами атомів) карбонові атоми. Вони в хімічних формулах позначаються зірочками.

$\begin{array}{ccccccc} & & \text{O} & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_2 & - & \text{C}^* & - & \text{C}^* & - & \text{C}^* & - & \text{C}^* & - & \text{C}^* & - & \text{C} & \begin{array}{l} // \text{O} \\ \backslash \text{H} \end{array} \\ & & & & & & & & & & & & & \\ \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH} & & & \end{array}$	$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_2 & - & \text{C}^* & - & \text{C}^* & - & \text{C}^* & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 \\ & & & & & & & & & & \\ \text{C} & & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{O} & & \text{OH} \end{array}$
альдогексози (глюкози)	кетогексози (фруктози)

Як видно з наведених формул, альдогексоза має 4 асиметричні атоми Карбону, а альдокетоза - 3. Отже глюкоза і фруктоза є оптично активними речовинами; вони обертають площину поляризації світла. Тому наведені хімічні формули належать не тільки глюкозі і фруктозі, а і їх оптичним ізомерам. Між кількістю асиметричних атомів карбону і числом просторових оптичних ізомерів існує математична залежність $N=2^n$, де N- кількість оптичних ізомерів, n - число асиметричних атомів карбону. На основі даної формули легко обчислити, що для альдогексози з 4 асиметричними атомами С повинно існувати 16 просторово оптичних ізомерів ($2^4 = 16$). Усі вони для глюкози відомі. 8 з 16 мають D - тобто праву конфігурацію, і 8 - L- ліву. У молекулі природної глюкози групи -ОН біля асиметричних атомів С розміщуються в просторі так: біля 2,4, 5 атомів С - справа, а біля 3 - зліва.



D(+) глюкоза

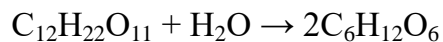


L(-) глюкоза

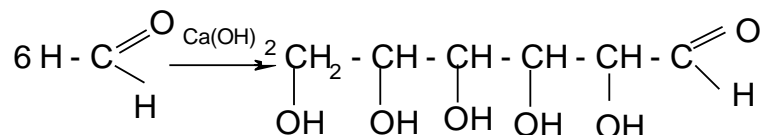
Отже, природну глюкозу можна було б назвати, враховуючи конфігурацію (розташування -ОН груп біля всіх асиметричних атомів Карбону), D, L, D, D - глюкоза, а її дзеркальне відображення (антипод), що добули синтетичним методом - L, D, L, L- глюкозою. Перед назвою моносахариди в дужках стоїть знак(+) або (-). Цей знак вказує, в який бік обертає площину поляризації світла розчин даного моносахариди. Якщо розчин моносахариди обертає площину поляризації світла за годинниковою стрілкою, тобто вправо, то перед назвою такої сполуки ставиться знак „+”, у протилежному напрямку знак” -”.

Методи добування: у природі вуглеводи утворюються в зелених рослинах з вуглекислого газу і води в процесі фотосинтезу і їх можна легко виділити з природної сировини. Серед синтетичних методів добування вуглеводів виділяють:

1) Гідроліз ди- і полісахаридів для добування моносахаридів.



2) Конденсація альдегідів і кетонів. При дії вапняної або баритової води на формальдегід утворюється суміш оксіальдегідів або оксікетонів у яких містяться гексози. Таким методом О.М.Бутлеров в 1861 році вперше добув цукристу речовину

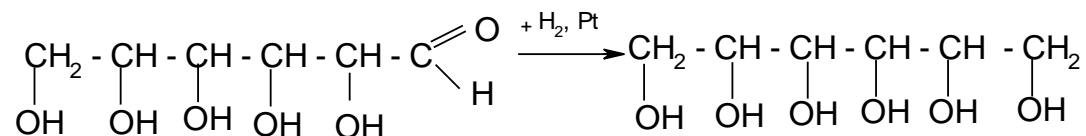


Ця реакція відбувається через стадії утворення проміжних сполук - продуктів альдольної конденсації деякої кількості молекул формальдегіду. Синтез моносахаридів шляхом альдольної конденсації альдегідів і кетонів відіграє важливу роль у біологічних процесах.

Хімічні властивості. Кожен моносахариди існує в природі у вигляді кількох таутомерних форм: циклічної та і карбонільної, які зв'язані між собою динамічною рівновагою. Тому моносахаридам властиві реакції типові для альдегідів, кетонів та багатоатомних спиртів.

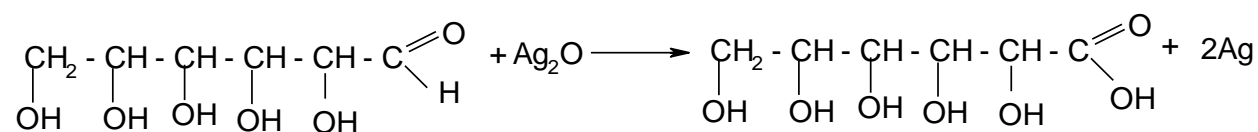
Реакції карбонільних форм моносахаридів.

1. *Реакція відновлення.* При відновленні глюкози воднем в присутності каталізатора утворюється шестиатомний спирт сорбіт:

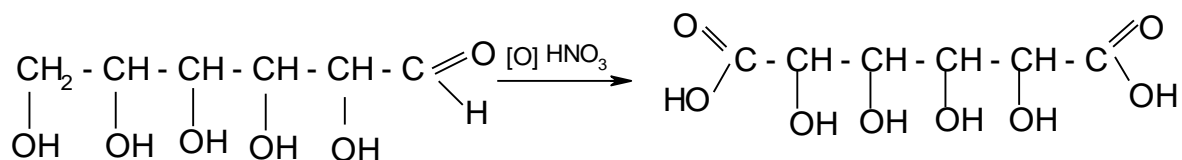


Сорбіт вперше був виділений з плодів горобини. Він набагато менш солодкий за цукор. Сорбіт не підвищує вміст глюкози в крові, тому його використовують як замітник сахарози при харчуванні людей, які хворі на цукровий діабет. Крім того сорбіт використовують при виробництві аскорбінової кислоти.

2. *Окиснення моносахаридів.* Всі моносахариди легко окислюються. Залежно від природи окисника продуктами окиснення можуть бути як одноосновні або двоосновні сахарні кислоти. М'які окисники (бромна вода) при кімнатній температурі окислюються лише альдегідну групу моносахаридів. Таке окислення проводять в нейтральному або кислому середовищі. У лужному середовищі відбувається розщеплення карбонового ланцюга моносахаридів. При цьому утворюються продукти з сильними відновними властивостями. Тому навіть такі слабкі окисники, як аміачний розчин Ag_2O і Cu(OH)_2 при незначному нагріванні з альдозами відновлюють до металічного срібла та Cu_2O .

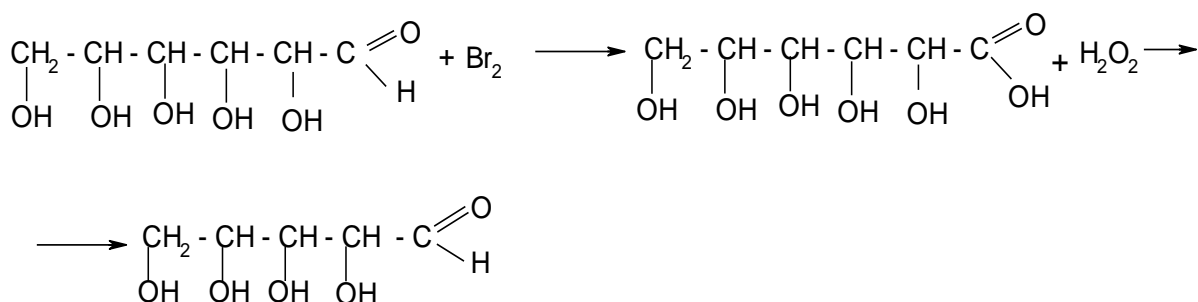


Сильні окисники (концентрована нітратна кислота) крім альдегідної групи окиснює і первинну спиртову групу моносахаридів і переводять їх на двоосновні сахарні кислоти:



Окиснення пероксидом водню. Зменшення довжини карбонового ланцюга.

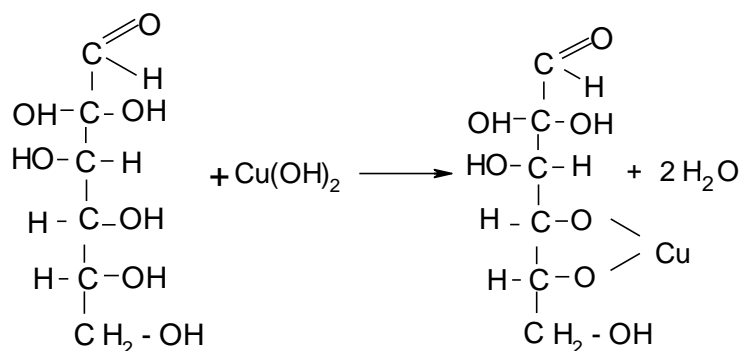
Моносахариди можна вибірково піддавати окисленню. Якщо глюкозу спочатку окиснити бромною водою до глюконової кислоти, а далі проводити її окиснення пероксидом водню при наявності ферум (III) ацетату, то в процесі реакції відщеплюється вуглекислий газ і утворюється арабіноза, яка містить на один атом карбону менше, порівняно з вихідним моносахаридом.



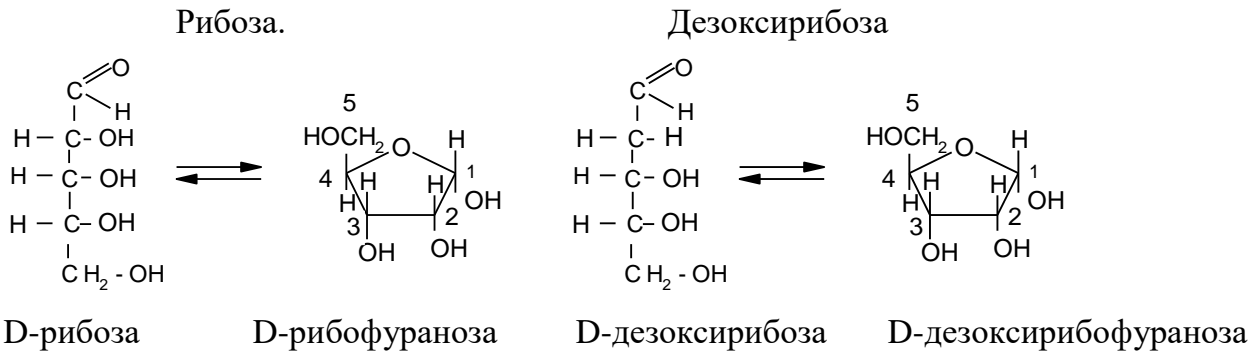
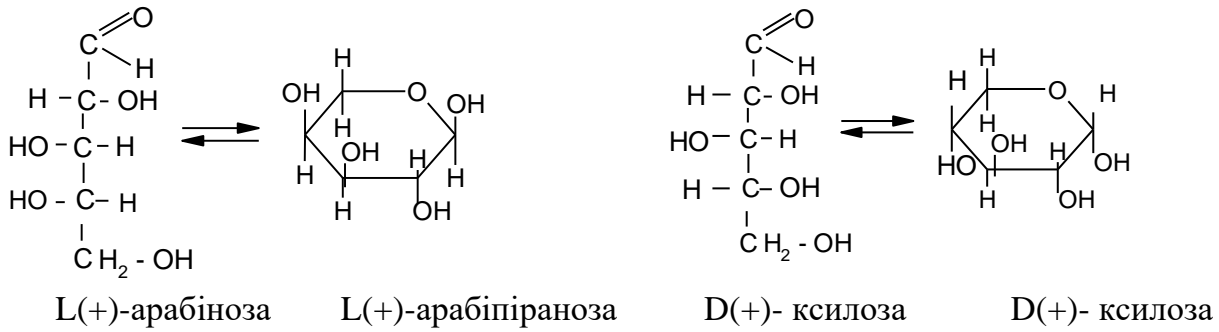
Оксинітрильний синтез. Приєднання синильної кислоти. До карбонільної групи моносахаридів легко приєднується синильна кислота з утворення відповідних оксинітрилів, які використовуються для синтезу вищих моносахаридів з нижчих. На основі такої реакції з глюкози добувають гептозу.

Взаємодія з фенолгідрaziном. На основі такої реакції можна перейти від альдоз до кетоз.

Реакції циклічних форм моносахаридів. При взаємодії з лугами і гідроксидами важких металів. Наявність гідроксильних груп у молекулах моносахаридів підтверджуються відповідними характерними реакціями спиртів. Так, при дії лугів і гідроксидів важких металів утворюються похідні моносахаридів типу алкоголятів, які називають сахаратами. Моносахариди розчиняють купрум (II) гідроксид і утворюють синій розчин. Ця реакція є характерною для багатоатомних спиртів і свідчить, що глюкоза є багатоатомним спиртом.



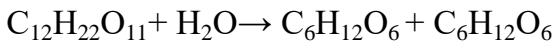
Утворення складних естерів. Моносахариди подібно до спиртів взаємодіють з ангідридами і галогенангідридами карбонових кислот, утворюючи складні повні і неповні складні естери.



Рибоза має важливе біологічне значення. вона входить до складу рибонуклеїнових кислот (РНК) ядер клітин. Дезоксирибоза, як і рибоза, також має велике біологічне значення. Вона входить до складу дезоксирибонуклеїнових кислот (ДНК) ядер клітин.

Гексози. До складу гексоз входять: виноградний цукор D(+), D-галактоза. D-галактоза входить до складу молочного цукру лактози, гідролізом якого її добувають, а також до складу деяких глікозидів та тканин мозку. Фруктоза або фруктовий цукор. Ця кето гексоза входить до складу соку багатьох фруктів, а також меду. Поряд з глюкозою фруктоза є складовою частиною бурякового або тростинного цукру. Фруктоза солодша за глюкозу. Смак меду зумовлюється головним чином фруктоза.

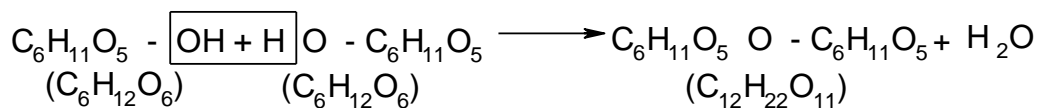
Дисахариди. Дисахаридами називають складні сахариди, молекули яких під час гідролізу утворюють дві молекули моносахаридів. Хімічний склад дисахаридів, молекули яких складаються із залишків гексоз, можна подати загальною формулою: $C_{12}H_{22}O_{11}$



Дисариди глюкоза фруктоза

Дисахариди побудовані як глікозиди, тому що їх утворення відбувається в результаті відщеплення молекули води від двох молекул моносахаридів за рахунок двох ОН- груп, одна з яких є глікозидним гідроксиллом.

Для встановлення будови і характеристики властивостей дисахаридів необхідно знати: 1) які моносахариди утворюються при гідролізі даного дисахариду; 2) у якій формі(фуранозній чи піранозній) перебувають залишки моносахаридів у дисахариді; 3) у якій формі (α чи β) моносахариди входять до складу дисахариду; 4) які групи ОН-моносахаридів беруть участь в утворенні зв'язку(кисневого містка) між залишками моносахаридів. Утворення дисахаридів можна уявити як процес, зворотний гідролізу дисахаридів.



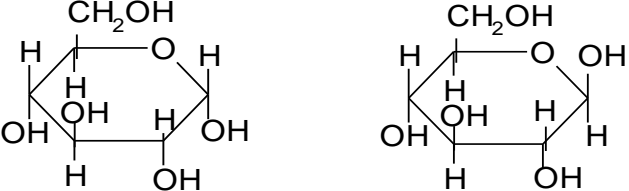
Оскільки в молекулах моносахаридів активність гідроксилів різна (глікозидні гідроксили більш реакційно здатні), може бути два випадки утворення зв'язків між залишками моносахаридів у молекулі дисахариду; тому за будовою та хімічними властивостями дисахариди поділяють на два типи:

1. Якщо відщеплення води відбувається за рахунок глікозидних гідроксилів обох молекул моносахаридів, то в молекулі такого дисахариду вже не буде глікозидного гідроксилу. Дисахариди, молекули яких не містять глікозидного гідроксилу, існують тільки в циклічній формі і не можуть ізомеризуватись в альдегідну. Тому вони не відновлюють метали з їх оксидів. Такі сахариди називають невідновлюючими. Водні розчини невідновлюючих дисахаридів при стоянні не піддаються мутаротації, що підтверджує існування в них тільки однієї(циклічної) форми дисахариду.

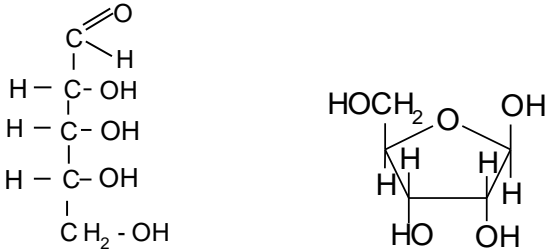
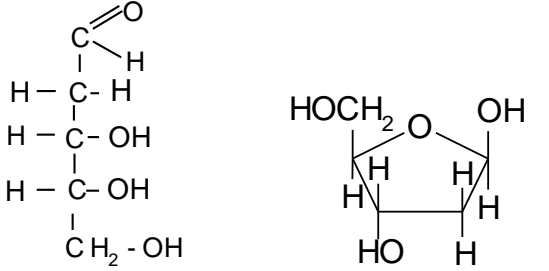
2. У випадку відщеплення води за рахунок глікозидного гідроксилу однієї молекули моносахариди і одного з не глікозидних гідроксилів другої в молекулі такого дисахариду залишається один глікозидний гідроксил, який може легко ізомеризуватися в альдегідну групу. Дисахариди, молекули яких містять глікозидний гідроксил, існують у двох таутомерних формах - циклічній і карбонільній, які зв'язані між собою рухомою рівновагою, і за властивостями подібно до моносахаридів. Так, вони легко вступають у реакції, характерні для альдегідів, зокрема відновлюють метали з їх оксидів. Такі дисахариди називають відновлюючими. Водні розчини відновлюючих дисахаридів при стоянні піддаються мутаротації, що підтверджує існування в них кількох таутомерних форм дисахариду. Прикладами невідновлюючих дисахаридів є сахароза і трегалоза, відновлюючі - мальтоза.

Сахароза- найбільш відомий і широко поширений у природі дисахарид. Добувають сахарозу з цукрового буряка та цукрової тростини. Тому її ще називають буряковим або тростинним, цукром. Вміст сахарози в цукрових буряках 16-20%, а в цукровій тростині -14-26%. Під час гідролізу сахарози утворюються D - глюкопіраноза, і D- фруктофураноза. Сахароза не проявляє властивостей ні альдегідів, ні кетонів. Це свідчить про те, що залишки глюкози і фруктози сполучені між собою в її молекулі за рахунок своїх глікозидних гідроксилів.:

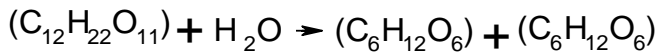
Порівняння глюкози і фруктози

Назва сполуки	Загальна формула	Структурні формули	Т. пл., °С	Знаходження в природі	Застосування
Глюкоза	$C_6H_{12}O_6$	$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & O \\ & & & & & & // \\ CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH & - & CH & - & C \\ & & & & & & & & & & \\ OH & & OH & & OH & & OH & & OH & & H \end{array}$  α - глюкоза β - глюкоза	146-150 ⁰ С	Фруктах, квітках, інших органах рослин, крові, мозку тварин, у бджолиному меді	Як лікувальний засіб, в конди-терському виробництві, для виробництва вітаміну С, текстильній промисловості.
Фруктоза	$C_6H_{12}O_6$	$\begin{array}{ccccccc} CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH & - & C & - & CH_2 \\ & & & & & & & & & & \\ OH & & OH & & OH & & OH & & O & & OH \end{array}$	102-104 ⁰ С	У плодах, бджолиному меді	Як лікувальний засіб

ПОРІВНЯННЯ РИБОЗИ І ДЕЗОКСИРИБОЗИ

Назва сполуки	Загальна формула	Структурні формули	Знаходження в природі
Рибоза	$C_5H_{10}O_5$	 <p>The image shows two structural representations of ribose. On the left is the Fischer projection, a vertical chain of five carbon atoms. The top carbon (C1) is an aldehyde group (C=O and C-H). The second carbon (C2) has H on the left and OH on the right. The third carbon (C3) has H on the left and OH on the right. The fourth carbon (C4) has H on the left and OH on the right. The fifth carbon (C5) is a primary alcohol group (CH₂-OH). On the right is the Haworth projection, a five-membered ring with an oxygen atom at the top. The substituents are: C1 (right) has OH up; C2 (left) has HOCH₂ up; C3 (left) has H up; C4 (right) has H up; C5 (right) has OH down.</p>	У вигляді нуклеотидів і нуклеїнових кислот містяться у рослинних і тваринних організмах, у вигляді полісахаридів - у рослинах (листя картоплі, буряків, моркви).
Дезоксирибоза	$C_5H_{10}O_4$	 <p>The image shows two structural representations of deoxyribose. On the left is the Fischer projection, a vertical chain of five carbon atoms. The top carbon (C1) is an aldehyde group (C=O and C-H). The second carbon (C2) has H on the left and H on the right. The third carbon (C3) has H on the left and OH on the right. The fourth carbon (C4) has H on the left and OH on the right. The fifth carbon (C5) is a primary alcohol group (CH₂-OH). On the right is the Haworth projection, a five-membered ring with an oxygen atom at the top. The substituents are: C1 (right) has H up; C2 (left) has HOCH₂ up; C3 (left) has H up; C4 (right) has H up; C5 (right) has H down.</p>	

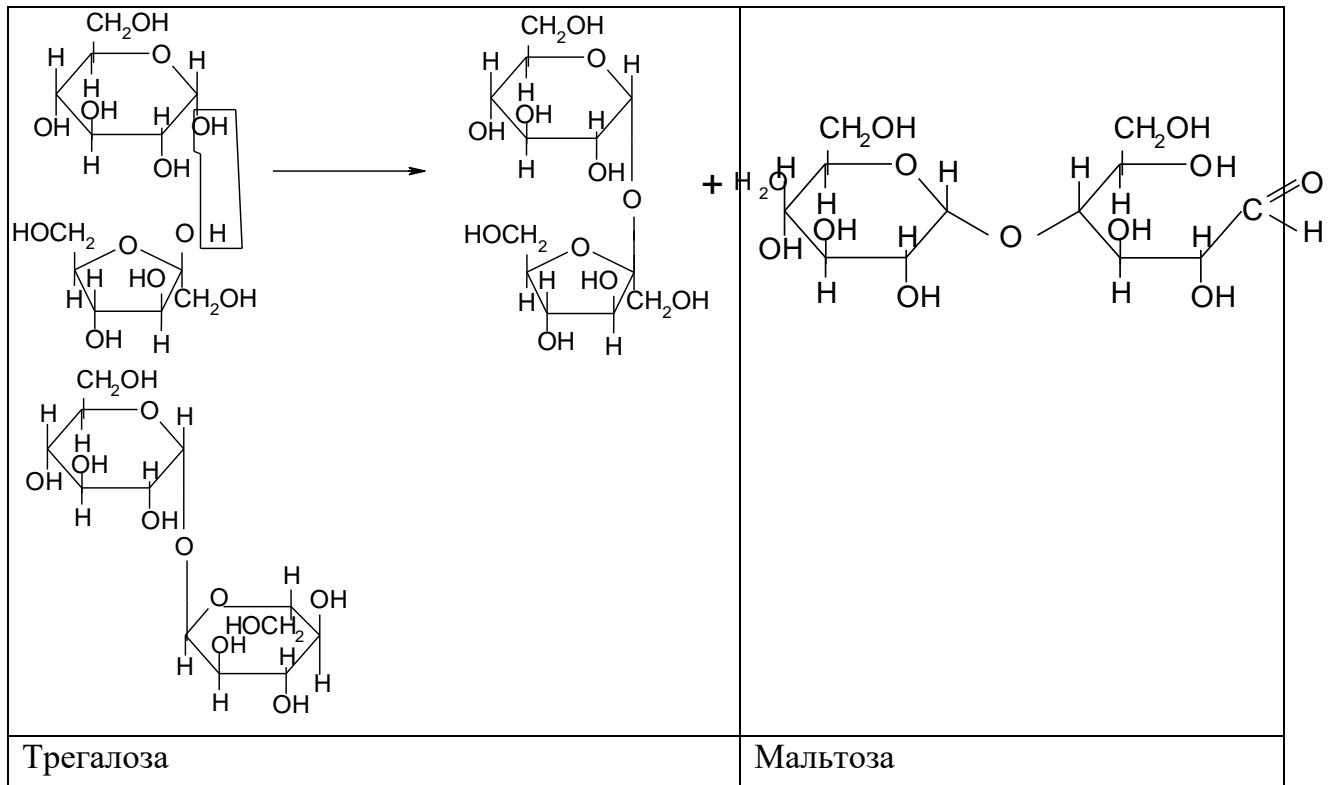
Отже, сахароза під час кислотного або ферментативного гідролізу розщеплюється на глюкозу і фруктозу:



D(+) сахароза D(+)глюкоза D(-)фруктоза

В результаті гідролізу сахароза перетворюється на суміш рівних кількостей глюкози і фруктози. Реакційна суміш обертає площину поляризації світла до гідролізу і після нього. Проте фруктоза має більший кут лівого обертання (-92°), ніж глюкоза - правого ($+52,5^{\circ}$), то суміш глюкози і фруктози, що утворюється в результаті гідролізу сахарози, має ліве обертання ($-39,5^{\circ}$), тоді як вихідний продукт - сахароза - обертає площину поляризації світла вправо ($+66,5^{\circ}$). Така зміна внаслідок гідролізу правого обертання розчину на ліве називається інверсією, а суміш рівних кількостей глюкози і фруктози, яка при цьому утворилась - інверсним цукром або штучним медом. Інверсний цукор використовується в кондитерській промисловості. За фізичними властивостями сахароза - біла кристалічна речовина з температурою плавлення $184-185^{\circ}C$, добре розчинна у воді. Трегалоза або мікоза, вперше була виявлена в ріжках, а потім у деяких бактеріях і багатьох грибах(звідси і друга назва - грибний цукор).

Мальтоза або солодовий цукор. У техніці мальтозу добувають при неповному гідролізі крохмалю ферментами, які містять в солоді (у пророслому зерні злаків), або при нагріванні крохмалю з водними розчинами кислот. Мальтозу часто можна виявити у тваринних і особливо у рослинних організмах як проміжний продукт ферментативного розщеплення крохмалю. Мальтоза кристалізується з однією молекулою води у вигляді білих голчастих кристалів, з температурою плавлення $102-103^{\circ}C$. крмталічна мальтоза має β -форму. Мальтоза приблизно на 40% менш солодша, ніж сахароза.



Лактоза або молочний цукор, міститься в молоці. В коров'ячому молоці вміст лактози - 4-5%. Добувають лактозу з молочної сироватки. Лактоза існує переважно в α - формі, кристалізується з однією молекулою води. Кристалогідрат плавиться при 202°C . Її використовують для харчування немовлят, при виготовленні фармацевтичних препаратів. Лактоза в 4-5 раз менш солодка за сахарозу. Целобіоза - проміжний продукт ферментативного гідролізу целюлози. Речовина добре розчинна у воді, майже не солодка.

ВИЩІ ПОЛІСАХАРИДИ

Вищими полісахаридами називають природні високомолекулярні сполуки (біополімери), молекули яких складаються з великої кількості залишків молекул моносахаридів. Утворення полісахаридів відбувається шляхом поліконденсації молекул моносахаридів. В скороченому вигляді це можна записати:

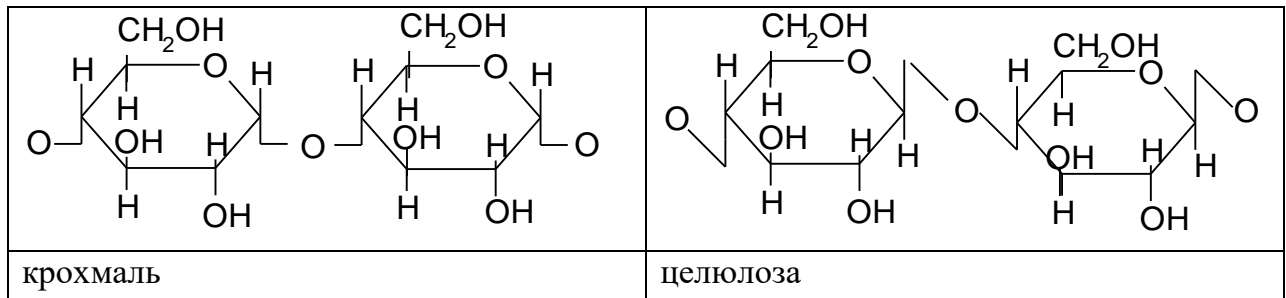
$$n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + (n - 1) \text{H}_2\text{O}$$

Полісахариди побудовані подібно до дисахаридів: залишки циклічних форм моносахаридів у молекулах полісахаридів сполучені між собою кисневими місиками, в утворенні яких беруть участь глікозидний гідроксил однієї молекули і гідроксил четвертого карбонового атома другої молекули моносахариду. Основними представниками вищих полісахаридів є крохмаль, глікоген і целюлоза (клітковина).

Крохмаль - дуже поширений в природі полісахарид. Він є одним з найважливіших продуктів фотосинтезу і відіграє роль резервної поживної речовини рослин. Крохмаль міститься в насінні, коренях, бульбах, листках. Наприклад,

назва	Вміст крохмалю, %
Бульби картоплі	12-24
Зерно рису	68-82
кукурудза	65-72
пшениця	57-75

За фізичними властивостями крохмаль - білий аморфний порошок, висушений при 100-110⁰С дуже гігроскопічний. Не розчиняється в холодній воді, в гарячій - набухає утворюючи крохмальний клейстер. Крохмаль - це суміш двох полісахаридів - амілози і амілопектину, які відрізняються будовою ланцюга молекули.



Амілоза здебільшого має ниткоподібну (лінійну) будову, середня молекулярна маса в межах 30000-160000. Амілоза розчинна у гарячій воді, але такі розчини нестійкі. Амілопектин - полісахариди розгалуженої будови, який містить від 600 до 60000 залишків глюкози. Молекулярна маса - від 100000 до 1млн.. Амілопектин на відміну від амілози, при нагріванні з водою утворює клейстер. Крохмаль не виявляє відновних властивостей: не відновлює аргентум (I) оксид, купрум (II) гідроксид, ні фелінгову рідину. В молекулі крохмалю було встановлено три гідроксильні групи, які не виявляються купрум (II)гідроксидом, через те що крохмаль утворює колоїдний розчин. При швидкому нагріванні крохмалю з невеликою кількістю води(10-20%) відбувається його частковий гідроліз, в результаті якого макромолекули крохмалю розщеплюються на менші макромолекули полісахаридів - декстрини. Декстрини мають таку ж саму формулу, як у крохмалю, але меншу молекулярну масу. Декстрини в міру поступового зменшення молекулярної маси дають з йодом відповідно синьо-фіолетове, фіолетове, червоно - фіолетове, оранжеве, жовте забарвлення. Утворення декстринів відбувається під час випікання хліба, варіння харчових продуктів. Декстрини порівняно з крохмалем краще розчинні у воді, тому краще засвоюються організмом. Крохмаль також застосовують в текстильній промисловості(для приготування шліхти, загусників для фарб), поліграфічній, паперовій, сірниковій, косметичній промисловості, палітурній справі.

Глікоген - тваринний крохмаль відіграє в організмі людей і тварини виключно важливу роль як запасний полісахариди. Він міститься в усіх тканинах

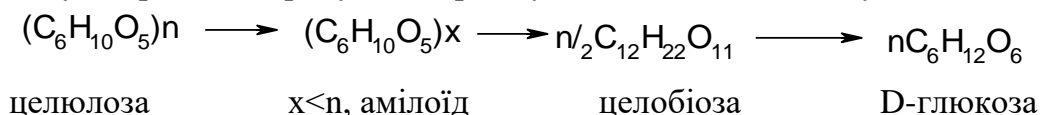
людського організму. Особливо багато глікогену в печінці (~20%), і м'язах (~4%). В тканинах організму з глікогену в результаті ряду складних перетворень утворюється молочна кислота. Цей процес - гліколіз.

Глікоген - білий аморфний порошок, добре розчинний навіть у холодній воді. При розчиненні в якій утворює колоїдний розчин. Молекули глікогену побудовані аналогічно молекулам амілопектину. Відмінність полягає в більшій розгалуженості молекули і відповідно більшою молекулярною масою. З йодом розчини глікогену дають забарвлення від винно - червоного до червоно - бурого. Залежно від походження глікогену, тобто залежно від виду тварин, з організму яких був він виділений. В організмах людей і тварин глікоген синтезується з глюкози і запасується в тканинах, а в період між прийманням їжі він розщеплюється і постачає організм глюкозою. Проте кількість глікогену, яка відкладається в запас обмежена. Після запасання 50-60г глікогену на 1 кг тканини з глюкози починає синтезуватися жир, а не глікоген. З цього часу в людини розвивається ожиріння. Резервним полісахаридом є також *инулін*, який міститься в бульбах деяких складноцвітих рослин і в деяких водоростях. Інулін також природний полісахарид. Дана сполука міститься у бульбах жоржин (до 12%), цикорію (до 10%), звідки його добувають екстрагуванням гарячою водою.

Целюлоза (клітковина) є головною складовою частиною оболонки клітин рослин. Волокна бавовника (очищена вата) і фільтрувальний папір - зразки майже чистої целюлози. Целюлоза утворена залишками β - глюкози. Середня молекулярна маса целюлози різного походження становить від 10^5 - 10^7 і кількість залишків глюкози становить від 600 до 6000. Вона є складовою частиною стінок клітин рослин. Вона надає тканинам механічної міцності, еластичності і утворює їх скелет. У рослинах целюлоза утворюється в результаті складних біохімічних перетворень, що беруть початок з фотосинтезу найпростіших вуглеводнів. Тому в природі целюлоза не зустрічається в чистому вигляді. Наприклад, нитка бавовни містить 92-95%

Целюлози, в різних деревах її вміст становить від 40 до 60%. Чиста целюлоза - це біла аморфна речовина без запаху і смаку. Рентгенівські дослідження свідчать про значну впорядкованість її структури. Макромолекула целюлози мають лінійну волокнисту будову. Целюлоза не розчиняється у воді, спирті, ацетоні та інших органічних розчинниках, але добре розчиняється в концентрованому розчині цинк хлориду і аміачному розчині купрум гідроксиду (реактив Швейцара). Розчин целюлози в реактиві Швейцара використовують для добування мідно-аміачного шовку. З цією метою целюлозу розчиняють в аміачному розчині купрум гідроксиду, а потім добутий розчин продавлюють крізь фільтри в кислотну ванну, що містить сульфатну кислоту і гідроген сульфати. Внаслідок нейтралізації мідно-аміачного комплексу целюлоза виділяється з розчину у вигляді нитки. Целюлоза не проявляє відновних властивостей і важче, ніж крохмаль піддається гідролізу. При нагріванні

целюлози з мінеральними кислотами, наприклад, сульфатною кислотою, можна добути проміжні продукти гідролізу - амілоїд та целобіозу.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.

1. Ізомерія сахарози.
2. Властивості глюкози, мальтози, фруктози.
3. Застосування глюкози.
4. Якісні реакції на глюкозу.

Література

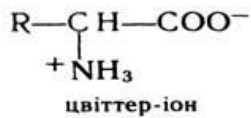
1. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. – К.: “Перун”, 2002. – 544 с.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ – Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа, 1992. – 503 с.
4. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия. – М.: Высш. шк., 1981. – 592 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: “Просвещение”, 1973. – 690 с.
6. Черних В.П., Зіменковський Б.С., Гриценко І.С. Органічна хімія: У 3 кн. – Харків: “Основа”, 1997. – Кн. 1. – 145 с.; Кн. 2. – 480 с.; Кн. 3. – 256 с.
7. Глубіш П.А. Органічна хімія. – К.: Вища шк., 2002.
8. Органічна хімія. Методичні вказівки / Укл.: Скрипська О.В., Андрійчук Ю.М. – Чернівці: Рута, 2007. – 58 с.
9. Органічна хімія: рекомендації до лабораторних робіт з органічної хімії / укл. О.В. Скрипська, О.М. Букачук, А.Ф. Чобан. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2009. – 92 с.
10. Мартинюк Г.В. Органічна хімія Тести. Навч. посіб. / Г.В. Мартинюк, О.М. Волошин, І.В. Мартинюк. – Рівне: О. Зень, 2013. – 288с

Л.4. Амінокислоти. Загальна характеристика. Властивості. Застосування.

Добування.

У залежності від природи вуглеводневого радикала, з яким зв'язана карбоксильна група, амінокислоти підрозділяють на аліфатичні й ароматичні. Аліфатичні амінокислоти за взаємним розміщенням аміногрупи та карбоксильної групи поділяють на а-, b-, g-амінокислоти і т. д. Найбільш розповсюдженими в природі є а-амінокислоти, які входять до складу білків. Амінокислоти являють собою білі кристалічні речовини з високими температурами плавлення, добре розчинні у воді.

Внаслідок наявності в структурі кислотного центру (група — COOH) та основного центру (група — NH₂) амінокислоти кристалізуються з нейтральних водних розчинів у вигляді внутрішніх солей, що дістали назву біполярні іони, або цвіттер-іони:

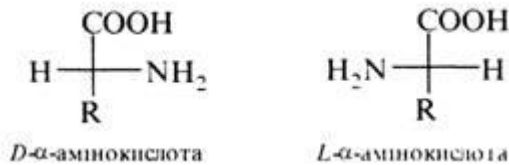


У хімічному відношенні амінокислоти виявляють властивості первинних амінів та карбонових кислот. По карбоксильній групі вони утворюють функціональні похідні карбонових кислот — солі, складні ефіри, аміді, галогенангідриди. За участю аміногрупи амінокислоти утворюють солі з мінеральними кислотами, вступають в реакції алкілування, ацилування, реагують з азотистою кислотою, а також дають інші реакції, властиві первинним амінам. Оскільки амінокислоти утворюють солі як з мінеральними кислотами, так і з основами, вони є амфотерним речовинами.

α -АМІНОКИСЛОТИ ЯК МОНОМЕРИ БІЛКІВ. До складу більшості білків входить близько 25 різних α -амінокислот загальної формули R—(NH₂)CH—COOH, з яких приблизно 20 присутні в кожній білковій молекулі. В номенклатурі α -амінокислот частіше застосовують тривіальні назви: гліцин, аланін, валін, лейцин та ін. У біохімії використовують також трилітерні скорочення тривіальних назв, наприклад: гліцин Глі, аланін Ала, валін Вал. Систематичні назви для природних α -амінокислот практично не застосовують. За хімічною природою залишку, зв'язаного з α -амінокислотним фрагментом CH(NH₂)COOH, α -амінокислоти поділяють на аліфатичні, ароматичні та гетероциклічні. У гетероциклічних α -амінокислот проліну та оксипроліну α -амінокислотний фрагмент входить до складу гетероциклу. У залежності від кількості -NH₂ та -COOH груп у молекулі розрізняють α -амінокислоти: моноаміномонокарбонові (гліцин, валін), моноамінодикарбонові (аспарагінова, глутамінова кислоти та їх аміді) та діаміномонокарбонові (орнітин, лізин, аргінін, гістидин).

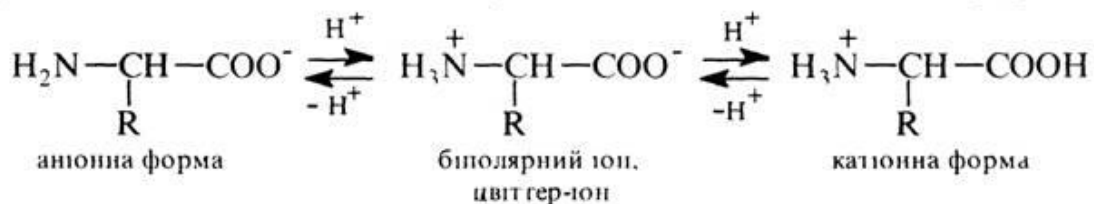
За кислотно-основними властивостями α -амінокислоти поділяють на нейтральні (містять рівну кількість -NH₂ та -COOH), кислі (з додатковою групою -COOH) та основні (з додатковою групою -NH₂). Більшість α -амінокислот утворюється в організмі (замінні амінокислоти), але деякі α -амінокислоти організм людини нездатний синтезувати; вони надходять у складі білків, які вводяться в організм їжею.

Стереοізомерія. Усі α -амінокислоти, за винятком гліцину, містять хіральний а-вуглецевий атом та існують у вигляді пари енантіомерів. Для позначення конфігурацій при хіральному центрі застосовують L та D-систему:



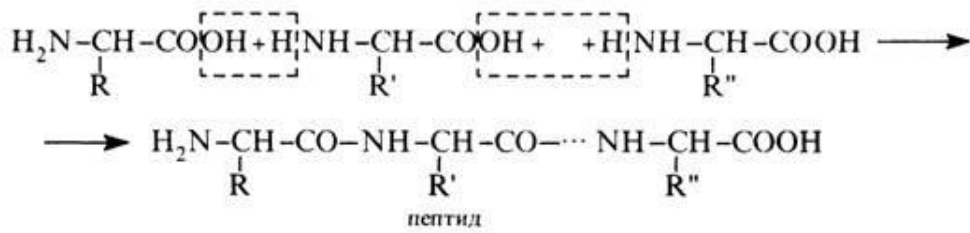
α -Амінокислоти, котрі входять до складу білків тварин і людини мають L-конфігурацію. Амінокислоти D-ряду зустрічаються лише в небілкових компонентах рослин і грибів, а також синтезуються мікроорганізмами.

Фізичні властивості. α -Амінокислоти являють собою кристалічні речовини, що не мають чітких температур плавлення та розкладаються при температурі вищій 200 °С. Вони не розчинні в неполярних органічних розчинниках, але помітно розчинні у воді. У кристалічному стані та водих розчинах амінокислоти знаходяться у вигляді біполярних іонів (цвіттер-іонів, внутрішніх солей). Можливість утворення останніх пов'язана з амфотерністю амінокислот, зумовленою наявністю в їх молекулі кислотної (COOH) і основної (NH₂) груп. У водному розчині α -амінокислоти існують у вигляді рівноважної суміші, яка складається з цвіттер-іонів, катіонної та аніонної форм:



Положення такої рівноваги істотно залежить від рН середовища: в сильнокислому середовищі (рН 1-2) переважає катіонна форма, в сильнолужному (рН 13-14) — аніонна. Якщо розчин амінокислоти помістити в електричне поле, то в кислому середовищі молекули переміщуються до катода (катіонна форма), а в лужному — до анода (аніонна форма). Проте, для кожної амінокислоти існує характерне значення рН, при котрому молекули не переміщуються в електричному полі. При цьому значенні рН, званому ізоелектричною точкою (pI), амінокислота знаходиться у вигляді цвіттер-іонів і в цілому електронейтральна. Ізоелектрична точка залежить від співвідношення кількостей кислих і основних груп у молекулі: pI кислих амінокислот має значення менше 7, тому що в кислому середовищі стримується іонізація другої карбоксильної групи та, відповідно, pI основних амінокислот знаходиться в області більшій 7, бо в лужному середовищі стримується протонування другої аміногрупи.

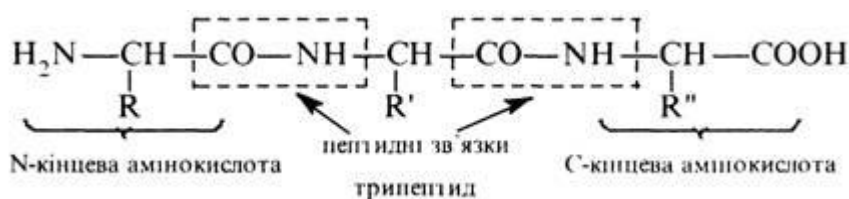
БУДОВА ПЕПТИДІВ І БІЛКІВ. Внаслідок взаємодії аміно- та карбоксильних груп α -амінокислоти здатні до поліконденсації. Поліаміди, котрі утворюються при цьому, називають пептидами:



Амідний зв'язок ($-\text{CONH}-$) між двома α -амінокислотними фрагментами називається пептидним зв'язком. Атом С пептидної групи знаходиться в sp^2 -гібридизованому стані. Неподільна пара електронів атома азоту вступає в спряження з р-електроном карбонільної групи, в результаті чого подвійний зв'язок $\text{C}=\text{O}$ дещо подовжується (124нм замість 121нм у звичайного зв'язку), а зв'язок $\text{C}-\text{N}$ дещо вкорочується (132нм замість 147нм), і, відповідно, набуває в значній мірі характеру подвійного зв'язку, обертання навколо котрого утруднене. Таким чином, електронна будова зумовлює жорстку площинну структуру пептидної групи. Наявність пептидного зв'язку в молекулах пептидів і білків підтверджується біуретовою реакцією: при взаємодії з лужним розчином сульфату міді утворюється фіолетове забарвлення.

У залежності від кількості амінокислотних залишків у ланцюзі пептиди поділяють на ди-, три- тетрапептиди і т.д. Пептиди з молекулярною масою меншою ніж 10000 умовно відносять до поліпептидів, а з більшою ніж 10000—до білків. Тому між білками та пептидами важко провести чітку межу, проте білки мають складнішу структуру. Незважаючи на величезне різноманіття білків і пептидів у природі будова їх поліпептидного (поліамідного) ланцюга однакова. Він складається з пептидних (CONH) і метинових (CH) груп, які чергуються. На одному кінці ланцюга знаходиться амінокислота з вільною аміногрупою (N-кінцева амінокислота), а на іншому — амінокислота з вільною карбоксильною групою (C-кінцева амінокислота). Пептидні та білкові ланцюги прийнято записувати так, щоб N-кінцева амінокислота знаходилася ліворуч, а C-кінцева амінокислота праворуч:

Назви пептидів утворюються шляхом послідовного перелічування всіх амінокислот, починаючи з N-кінцевої амінокислоти, причому назви амінокислот, крім останньої, набувають суфікса -ил (-іл). За цією ж послідовністю пишуть також скорочені позначення



Визначену послідовність α -амінокислот, які входять у певний поліпептидний ланцюг, називають первинною структурою пептиду або білка. Зміна амінокислотної послідовності призводить до порушення або зникнення біологічної активності білка. Білки відрізняються від пептидів складнішим рівнем структури. В структурній організації білків, крім первинної, розрізняють вторинну, третинну та четвертинну структури.

Вторинною структурою білків називають просторове розташування (просторове укладання) атомів основного поліпептидного ланцюга. Розрізняють два типи вторинної структури білків α -спіраль і складчасту β -структуру.

α -спіраль має просторову форму, подібну до правозакручених гвинтових східців (рис. нижче). Оскільки вона побудована зі фрагментів, які повторюються ($-\text{NH}-\text{C}\alpha-\text{CO}$), то розміри її доволі постійні. На один виток спіралі припадає приблизно 3,6 амінокислотного залишку, що відповідає лінійній відстані вздовж вісі спіралі 0,54нм. Діаметр спіралі дорівнює 0,нм. Крок спіралі (відстань між однаковими атомами) становить поліпептидного ланцюга 0,15нм. У формуванні спіральної структури основну роль виконують водневі зв'язки, котрі утворюються між групами CO та NH , розділеними трьома амінокислотними залишками. Водневі зв'язки майже паралельні вісі спіралі, а оскільки в утворенні водневого зв'язку бере участь кожна група $\text{C}=\text{O}$ та NH а α -спіралі, то це робить конформацію вельми стійкою. Найчастіше поліпептидні ланцюги в білках спіралізуються не повністю. Наприклад, залишки проліну та окипроліну не містять атомів водню в пептидній групі, та, відповідно, не беруть участі в утворенні водневих зв'язків: поліпептидний ланцюг на цих ділянках просто зігнутий. Ізопропільна група валіну також створює стеричні перешкоди для спіралізації.

Іншим типом вторинної структури є так звана складчаста β -структура, в якій окремі поліпептидні ланцюги в зигзагоподібній конформації укладені паралельно один одному та зв'язані між собою численними водневими зв'язками. Якщо поліпептидні ланцюги мають однаковий напрямок від N- до C-кінця, то утворюється паралельна складчаста β -структура, а якщо протилежний антипаралельна. у β -структурі бокові групи амінокислотних залишків знаходяться вище та нижче умовної площини, проведеної крізь структуру.

Поліпептидний ланцюг, що має той або інший тип вторинної структури, здатний певним чином скручуватись у просторі, що і визначає третинну структуру білка, тобто загальну форму поліпептидного ланцюга. Третинна структура, крім водневих зв'язків, стабілізується іонними (між додатковими карбоксильними і аміногрупами) та ковалентними (дисульфідні містки в цистині) зв'язками, а також

гідрофобною взаємодією (ван-дер-ваальсові сили притягання між неполярними боковими групами амінокислотних залишків).

Третинна структура білків формується також під впливом водного середовища клітини, що пов'язане зі здатністю води гідратувати деякі гідрофільні бокові групи амінокислотних залишків і зміщувати всередину білкової молекули гідрофобні групи. Четвертинна структура білка властива макромолекулам, до складу яких входять декілька поліпептидних ланцюгів (субодиниць), сполучених між собою нековалентними зв'язками. Для виявлення пептидом специфічних функцій в організмі необхідно відтворити лише його первинну структуру, а у випадку білка — відтворити всі його конформаційні особливості. Окреме місце у розвитку хімії білків займає визначення поліпептидної структури гормонів вазопресину, окситоцину та інсуліну. В 1953 р. американський біохімік В. Дю Віньо розшифрував будову гормонів гіпофізу окситоцину та вазопресину. Ним встановлено, що спільним структурним елементом цих гормонів є пептид з дев'яти амінокислотних залишків з дисульфідним зв'язком між четвертим і дев'ятим з них. Ці гормони відрізняються лише двома амінокислотними фрагментами: замість лейцину та ізолейцину в окситоцині (а) вазопресин (б) містить аргінін і фенілаланін. При цьому окситоцин викликає скорочення гладкої мускулатури, зокрема матки, а вазопресин підтримує баланс рідини в організмі. Десять років (1943-1953 рр.) знадобилося англійському біохіміку Ф.Сенгеру для розшифрування структури гормону підшлункової залози-інсуліну. Молекула інсуліну складається з двох поліпептидних ланцюгів, сполучених між собою дисульфідними містками: А-ланцюг містить 21 амінокислотний залишок і додатковий дисульфідний зв'язок, завдяки котрому інсулін у просторі утворює петлю, а Б-ланцюг 30 залишків.

Література

1. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. – К.: “Перун”, 2002. – 544 с.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Київ – Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.
3. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа, 1992. – 503 с.
4. Петров А.А., Бальян Х.В., Троценко А.Т. Органическая химия. – М.: Высш. шк., 1981. – 592 с.
5. Перекалин В.В., Зонис С.А. Органическая химия. – М.: “Просвещение”, 1973.
6. Мартинюк Г.В. Органічна хімія Тести. Навч. посіб. / Г.В. Мартинюк, О.М. Волошин, І.В. Мартинюк. – Рівне: О. Зень, 2013. – 288 с.
7. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: навч. посібник. – 2-е вид., перероб і допов. / Ф.Ф. Боєчко. – К.: Вища шк., 1995. – 536 с.

8. Органічна хімія. Методичні вказівки / Укл.: Скрипська О.В., Андрійчук Ю.М. – Чернівці: Рута, 2007. – 58 с.
9. Органічна хімія: рекомендації до лабораторних робіт з органічної хімії / укл. О.В. Скрипська, О.М. Букачук, А.Ф. Чобан. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2009. – 92 с.
10. Біохімія: Підручник / М.Є.Кучеренко, Р.П. Виноградова, Ю.Д. Бибенюк та ін. – К.: Либідь, 1995 – 464 с.
11. Геваза Ю.І. Основи органічної хімії : навч. посіб. / Ю.І. Геваза, Ю.П. Гетьманчук. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. – 356 с. ISBN 978-966-629-642
12. Боєчко Л.Ф. Основні біохімічні поняття, визначення та терміни: Навч. .Посібник. / Л.Ф. Боєчко, Л.О. Боєчко. – К.: Вища школа, 1993. – 528 с.