

На сьогодні серед різноманіття наночастинок, nanoоб'єктів, що формують наносистеми в різних агрегатних станах, акцентуємо увагу на наночастинок – фулерени.

Дослідження по вивченню фулеренів тривають у світі. Одним з цікавих результатів, який отримали французькі вчені, що проводили експериментальні дослідження фулеренів на щурах (2012 р.) було те, що щоденне додавання певної дози фулерену  $C_{60}$  на оливковій олії в раціон щурів сприяло продовженню їх життя вдвічі відносно тих тварин, які фулерени не вживали, що пояснюється активністю фулеренів поглинати вільні радикали, які пришвидшують старіння організму.

Дослідження тривають, що відкриває величезні перспективи нанохімії, нанофармакології, нанофармації, нанотехнології, нанонауки.

## ХЛОРОФИЛИ І КАРОТИНОЇДИ

*Сирова Г. О., Лапшин В. В., Чаленко Н. М.*

*Харківський національний медичний університет, м. Харків*

Загальновідомо, що хлорофіл вивчається 200 років: хіміки з Франції Ж. Пельт'є і Ж. Каванту в 1927 р. відкрили хлорофіли, а їх елементний хімічний склад відкрив вчений з Німеччини Р. Вільштеттер, він довів також, що незалежно від умов знаходження рослин – хлорофіл однаковий. У 1940 р. вчений з Німеччини Г. Фішер встановив структурну формулу хлорофілу, а в 1960 р. Р. Вудворд (США) і М. Штрель (Німеччина) завершили повний синтез хлорофілу і підтвердили правильність структурної формули Г. Фішера. Відомо, що структура і розташування сполуки визначає функції, які вона виконує. Головна функція хлорофілу полягає у поглинанні і концентруванні електромагнітного випромінювання в діапазоні видимого світла з довжиною хвилі 430 – 460 нм і 650 – 700 нм, а потім в передачі і використанні енергії цього випромінювання для транспорту і синтезу органічних речовин. Відомі три різновиди хлорофіла в залежності від його структури *a*, *b*, *c*: хлорофіл *a* блакитно-зеленого кольору (практично всі фотосинтезуючі організми містять його), хлорофіл *b* – жовто-зеленого кольору (його містять всі вищі рослини, зелені водорості), хлорофіл *c* (бурі водорості замість хлорофілу *b* містять хлорофіл *c*).

Відомо, що молекула хлорофілу складається з порфіринової головки (4 пірольних кільця і циклопентанове кільце) і двох «хвостів»: фітольного (залишок спирту фетолу) і метильного (залишок метилового спирту). Комплексоутворювач  $Mg^{2+}$  знаходиться в середині порфіринової головки і зв'язаний координаційними зв'язками з двома атомами нітрогену пірольних кілець. Фітольний хвіст  $C_{20}H_{36}COO$  дуже довгий, а метиловий  $COOCH_3$  значно менший. Ці «хвости» в орієнтації хлорофілу на мембрані виконують різні функції: фітольний, його жиророзчинний ланцюг занурений у ліпідний шар

мембрани, залишає при цьому порфіринову головку хлорофілу на поверхні мембрани; метиловий – забезпечує орієнтацію цієї головки. Хлорофіли *a* і *b* в хлоропластах і тікоїдах об'єднані в комплекси по 40 або 60 молекул хлорофілу. Відомо, що молекули мають властивість до фотовідновлення. Цікавий дослід був проведений в 1948 р.: в анаеробних умовах хлорофіл, розчинений у піридині під дією світла відновлювався аскорбіновою кислотою і іншими донорами електронів. Після виключення світла реакція іде у зворотному напрямку. Фотовідновлений хлорофіл може відновлювати такі акцептори електронів як НАД<sup>+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, хінони та ін.

Каротиноїди являють собою пігменти жовтого або помаранчевого кольору, містяться в клітинах, які здійснюють фотосинтез. Цікавий факт полягає в тому, що в зелених листях міститься хлорофіл і каротиноїди не бачить наше око, але при руйнуванні хлорофілу восени саме каротиноїди надають листям яскраве жовте та помаранчеве забарвлення. Ці сполуки містять систему спряжених подвійних зв'язків. Каротиноїди поділяються на каротини (ненасичені вуглеводні червоного або помаранчевого кольору C<sub>40</sub>H<sub>36</sub> –  $\alpha$ -каротин,  $\beta$ -каротин) і жовті ксантофіли, пігменти яких містять кисень: лютеїн, зеаксантин, віолаксантин, неоксантин, антераксантин.

Каротиноїди відіграють роль допоміжних пігментів, які збирають світло. Від них енергія збудження передається резонансним шляхом за правилом Стокса до найближчого ланцюга хлорофілу, що важливо для водних рослин, куди проникають кванти блакитного і зеленого світла і погано проникають кванти червоного світла, які необхідні для збудження хлорофілу.

У зв'язку з тим, що між ланцюжками хлорофілів і каротиноїдів відстань не перевищує 10 нм, то передача ними енергії один одному можлива за принципом індуктивного резонансу.

Розташування хлорофілів і каротиноїдів всередині тілакоїдів визначається не тільки поглинанням ними видимого ультрафіолетового світла з довжиною хвилі 400–500 нм і 600–700 нм, а також і тим, які довжини хвиль використовуються в подальшому процесі фотосинтезу.

## **ХІМІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА І БІОЕНЕРГЕТИКА**

*Сирова Г. О., Чаленко Н. М., Козуб С. М., Савельєва О. В.  
Харківський національний медичний університет, м. Харків*

Однією з найцікавіших тем освітнього компоненту за даними опитування здобувачів освіти є «Хімічна термодинаміка (т/д) і біоенергетика». За цією темою читається лекція, проводиться лабораторно-практичне заняття, відведено певна кількість годин на самостійну роботу. Вважаємо доцільним при розгляданні даної теми пояснювати здобувачам освіти не тільки основні поняття (т/д система: ізольована, закрита, відкрита; гомогенна та гетерогенна, фаза, процес (круговий, адіабатний, ізотермічний, ізохорний, ізобарний, оборотний, необоротний)),