

“Всюдисуща” реакція Майяра

Природні сполуки і численні структурні елементи біологічних систем мають порівняно невеликий набір реакційноздатних функціональних груп, як гідроксильна (ОН), аміно (NH₂), карбоксильна (COOH) і карбонільна (C=O). Серед реакцій, які можливі між цими групами, амінокарбонільна реакція — унікальна і розглядається як фундаментальна у величезному різноманітті природних явищ, більшість з яких відіграють важливу роль у біологічних та виробничих процесах. Природа надала винятково реакційну систему, в якій сахари і амінокислоти або інші нітрогеновмісні сполуки дуже легко, без участі біокаталізаторів, зазнають глибоких перетворень, що приводять до зміни багатьох властивостей природних сполук.

Невеличкі молекули амінокислот, сахарів, карбонових кислот під час нагрівання утворюють темнозабарвлені речовини, які називають *меланоїдинами*. Ця реакція може відбуватися в різних видах: як при приготуванні їжі, так і в нашому організмі. Така взаємодія вуглеводів з амінокислотами описується термінами “*меланоїдинова реакція*” (“Melanoidin Reaction”), “*реакція Майяра*” (“Maillard Reaction”), “*реакція побуріння*” (“Browning Reaction”), неферментативне глікозилювання.

Вчені по праву вважають реакцію Майяра однією з найцікавіших і найважливіших у харчовій хімії та медицині.

Перше повідомлення про реакцію сахарів з амінокислотами було зроблено Луїс-Камілем Майяром (1912 р.). На рівні науки свого часу Л.-К. Майяр виконав величезну експериментальну і аналітичну роботу і отримав видатні результати, що дало йому право назвати відкриту ним реакцію “своєю реакцією”, і ніхто ніколи не ставив це під сумнів.

Але, як це часто буває в науці, відкриття Майяра не отримало належного визнання за його життя. Тільки у 1946 року вчені знову зацікавилися цією реакцією. Амінокарбонільна реакція стає серцем харчової хімії, оскільки саме ця реакція відповідає за аромат, привабливий колір і запах термічно оброблених продуктів.

Незважаючи на те, що Майяр передбачав корисність свого відкриття для медицини, вчені-медики звернулися до його роботи лише у 1980 році і довели, що у фізіологічних умовах можливий перебіг реакції Майяра. Саме амінокарбонільна реакція визначає патофізіологію цукрового діабету та його супутні ускладнення. Вікові зміни в організмі також пов'язані з утворенням і накопиченням кінцевих продуктів реакції Майяра. В більшості випадків перебіг реакції Майяра *in vivo* має негативний характер.

Сьогодні про реакцію Майяра ми знаємо вже багато, але вона досі

зберігає ще чимало таємниць.

Так який же цей шлях перетворення вихідних сполук у реакції Майяра? Достатньо складний і не до кінця вивчений.

Початком перетворень є сахарамінна конденсація з утворенням *N*-заміщених глікозиламінів (*основ Шиффа*).

N-заміщені глікозиламіни надалі зазнає більш складних перетворень, які узагальнюються назвою *перегрупування Амадорі*.

Початкова стадія, яка включає сахарамінну конденсацію і перегрупування Амадорі, є загальною для реакції Майяра, що відбувається у харчових і у біологічних системах. Але у подальших реакціях в кожному конкретному перетворенні, за певних умов або в певному об'єкті вона йде своїм власним шляхом.

У харчових системах гаряча обробка або зберігання протягом тривалого часу призводить до розкладу Амадорі-продуктів і утворенню численної кількості сполук, які формують аромат, запах та забарвлення оброблених продуктів.

У біологічних системах коли сахар реагує з протеїнами без участі ферментів відбувається не запрограмований генами процес, який не приносить користі.

Так, продукти Амадорі в результаті численних перетворень формують групу речовин, яка отримала узагальнену назву Advanced Glycosylation End-products (AGE).

Під впливом AGE модифікуються різні біомолекули, насамперед довгоживучі білки: гемоглобіни, альбуміни, колаген, що призводить до порушення функцій білків при діабеті та старінні. Такі модифіковані білки можна виявити, а отже, вони є маркерами атеросклерозу, цукрового діабету, нейродегенеративних захворювань.

Один з головних білків хрящів, м'язів, шкіри, сухожилів колаген найсильніше схильний до шкідливого впливу глікозилювання. І саме ті зміни, які відбуваються з ним, є однією з причин старіння (шкіра покривається зморшками, суглоби втрачають рухливість, а внутрішні органи дають збій).

Нуклеотиди та ДНК можуть бути модифіковані внаслідок приєднання сахарів до вільних аміногруп їхніх гетероциклічних залишків аденіну і цитозину, що призводить до мутацій через пряме пошкодження ДНК.

Треба зазначити, що за нормальних умов швидкість процесу глікозилювання мала і його продукти встигають віддалятися. Однак, при різкому підвищенні цукру в крові при діабеті реакція значно прискорюється, продукти накопичуються і здатні викликати численні порушення.

Основними реакціями кінцевої стадії побуріння вважають альдольну конденсацію і альдегідамінну полімеризацію, які приводять до утворення нітрогеновмісних гетероциклічних основ та забарвлених полімерів — меланоїдинів.

За хімічною будовою меланоїдини — це широкий спектр нерегулярних полімерів різноманітної будови, включаючи гетероциклічні та хіноїдні структури. Механізм їх утворення досить складний і до кінця не вивчений — надто багато проміжних продуктів, які взаємодіють між собою і з вихідними речовинами.

Сьогодні не можна говорити одношарово про позитивні чи негативні властивості меланоїдинів, оскільки меланоїдини багато в чому нагадують білки — настільки різноманітна їхня роль. Ростові, вітамінні, антимікробні, антигрибкові, протиокиснювальні та інші властивості меланоїдинів інтенсивно вивчаються, а іноді й використовуються.

Цілком очевидно, що на сьогодні проведена велика робота з вивчення реакції Майяра, хоча з багатьох питань немає ще єдиної думки і висновки низки авторів суперечливі. Подальше вивчення реакції Майяра, безсумнівно, приведе до нових відкриттів та єдиним тлумаченням про її вплив на природні системи, у яких вона відбувається. Сьогодні можна лише констатувати, що дослідження механізму реакції Майяра інтенсивно продовжуються та нарощуються у всьому світі. І чим менше залишиться таємниць, тим повнішою мірою цю дуже важливу реакцію можна буде використовувати на практиці.