СЕКЦІЯ 19.
МЕДИЧНІ НАУКИ ТА ГРОМАДСЬКЕ ЗДОРОВ'Я

Бродовська Марія Ігорівна, здобувач вищої освіти медичного факультету
Дніпровський державний медичний університет, Україна

Доброва Марта Ярославівна, здобувач вищої освіти медичного факультету
Дніпровський державний медичний університет, Україна

Науковий керівник: Абраімова Ольга Євгеніївна, канд. біол. наук, викладач кафедри біохімії та медичної хімії
Дніпровський державний медичний університет, Україна

БІОХІМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ ТА ФАРМАКОКІНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ L-АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ В УМОВАХ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Забезпечення організму людини мікронутрієнтами є однією з ключових проблем сучасної медичної біохімії та дієтології. Особливе місце серед них посідає вітамін С (L-аскорбінова кислота), який виконує роль потужного антиоксиданту, бере участь у синтезі колагену та підтриманні імунного гомеостазу. Оскільки цей вітамін є надзвичайно термолабільним і не синтезується в організмі людини, він має надходити виключно з їжею у біологічно активній формі. Проте під час кулінарної обробки та зберігання продуктів відбуваються незворотні окисно-відновні процеси, що призводять до значних втрат його активності. Метою роботи було провести теоретичний аналіз біохімічної стабільності молекули аскорбінової кислоти в харчових продуктах та оцінити вплив різних технологічних факторів і методів термічної обробки на її збереження.

Вітамін С є однією з найпопулярніших дієтичних добавок завдяки своїм антиоксидантним властивостям та здатності зміцнювати імунітет, хоча його реальний захисний ефект проти інфекцій та серцево-судинних захворювань часто виявляється обмеженим і залежить від конкретних умов організму. Унікальність цієї сполуки полягає в тому, що у звичайних дозах вона діє як антиоксидант, проте у високих концентраціях, особливо при внутрішньовенному введенні, може проявляти прооксидантну активність, що відкриває перспективи її використання як протипухлинного засобу. Фармакокінетичний профіль L-аскорбінової кислоти характеризується нелінійною залежністю: при пероральному прийомі в дозі 200мг показник абсорбції наближається до 100%, тоді як при експозиції понад 1г біодоступність знижується до 50% і нижче через насичення активних центрів транспортера SVCT1 [1].

Рівень вітаміну в плазмі крові здорової людини зазвичай коливається в межах 40–65 мкМ і жорстко контролюється нирками, які активно реабсорбують

аскорбінову кислоту при її дефіциті та швидко виводять надлишок при дозах понад 500 мг на добу. Важливо враховувати, що паління значно знижує концентрацію вітаміну С в організмі через підвищений окислювальний стрес, вимагаючи вищих доз для компенсації. В організмі вітамін розподіляється нерівномірно: завдяки транспортеру SVCT2 він накопичується у високих концентраціях у нейронах та ендокринних залозах, де виконує роль кофактора для синтезу гормонів та колагену. Мозок має особливий пріоритет у розподілі вітаміну С, зберігаючи його запаси навіть під час тривалого голодування, оскільки аскорбат критично важливий для функціонування нервової системи. Хоча вітамін С вважається безпечним і нетоксичним, тривале вживання надмірно високих доз пов'язане з ризиком утворення оксалатних каменів у нирках через особливості його метаболізму. Генетичні відмінності в генах транспортерів також можуть пояснювати індивідуальну варіативність у рівнях вітаміну С та схильність до певних захворювань, що підкреслює важливість персоналізованого підходу до його споживання [1].

Дослідження динаміки вмісту вітаміну С (L-аскорбінової кислоти) у процесі приготування та зберігання фруктових соків є актуальним завданням, оскільки цей вітамін є одним із найменш стійких і має високу біологічну цінність. Отримані дані свідчать, що на збереження аскорбінової кислоти вирішально впливає низка чинників, головними серед яких є температурна обробка, час контакту з киснем повітря та рівень pH середовища. Вітамін С є високочутливим до окиснення, яке каталізується ферментом аскорбатоксидазою, що міститься у багатьох фруктах, зокрема в яблуках. Активність цього ферменту спричиняє швидке перетворення відновленої форми вітаміну С у його окиснену форму — дегідроаскорбінову кислоту. Незважаючи на термолабільність вітаміну С, теплова обробка в умовах виробництва соків має двоякий ефект. Приготування консервованих соків вимагає негайного кип'ятіння або пастеризації після віджимання. Це пов'язано з тим, що підвищення температури вище швидко інактивує аскорбатоксидазу, усуваючи ключовий каталізатор окиснення. При цьому кип'ятіння соку, який ще не зазнав значного окиснення, призводить до мінімальних втрат (наприклад, зменшення вмісту вітаміну С на 6,6% після кип’ятіння свіжого яблучного соку). Більше того, кип'ятіння соку після його попереднього окиснення (зберігання на повітрі) може призвести до відновлення вмісту вітаміну С. Це пояснюється тим, що окиснена дегідроформа може відновлюватися назад до аскорбінової кислоти під дією ферменту аскорбінредуктази. Хоча більшість білків денатурують при високих температурах, у соках короткочасний термічний вплив може створити умови для тимчасової активізації відновлювальних процесів до моменту повної денатурації ферменту, на відміну від чистого препарату вітаміну С, де такі механізми відсутні. Кип'ятіння лише чистого препарату вітаміну С, де відсутня відновлювальна ферментативна система, призводить до дещо більшого його руйнування. Слід зазначити, що у соках, які не містять аскорбатоксидази (наприклад, лимонний сік), нагрівання чи навіть кип'ятіння не впливає на вміст вітаміну С [2].

Реакція середовища є критичним фактором, що контролює швидкість окислення аскорбінової кислоти. Найвищу стійкість вітамін С демонструє у кислому середовищі. Це безпосередньо пов’язано з активністю аскорбатоксидази, яка має найвищу активність при pH 6,0. Зростання pH середовища (перехід до

нейтрального чи лужного) спричиняє швидке руйнування вітаміну С. У зв'язку з цим, для збереження вітамінної цінності соків, неприпустимим є додавання харчової соди або інших смакових добавок, що підвищують pH середовища [2].

Важливо розрізняти короткочасне кип'ятіння соку (де немає вимивання) та тривале варіння цільних продуктів. Вітамін С, будучи водорозчинним і чутливим до високих температур, найбільш схильний до руйнування та вимивання під час варіння (кип'ятіння). Дослідження, що порівнювали різні методи обробки, підтверджують, що варіння є найгіршим методом з точки зору збереження вітаміну С. У цьому процесі аскорбінова кислота активно вимивається у воду для варіння, а тепловий вплив прискорює її окислення [3, 4]. Це призводить до найвищого відсотка втрат у кінцевому продукті порівняно з іншими способами приготування [3]. На противагу традиційному варінню, використання мікрохвильової печі та приготування на пару забезпечує краще збереження вітаміну С. Ці методи мінімізують контакт продукту з великим об'ємом води та/або скорочують час термічної дії, що є ключовим для захисту аскорбінової кислоти. Встановлено, використання мікрохвильової печі часто дає найвищу концентрацію вітаміну С у готовому продукті [3, 4]. Ймовірно, це пов'язано з меншим часом готування, необхідним для доведення овочів до готовності. Приготування на пару також показує високі показники збереження, поступаючись лише мікрохвильовій печі у деяких випадках [4]. Приготування на пару допомагає уникнути вимивання вітаміну у рідину, зберігаючи його в продукті [4].

Таким чином, згідно з даними літературних джерел біохімічна стабільність вітаміну С у харчових продуктах визначається динамічною рівновагою між термічною деструкцією та активністю метаболічних ферментів (аскорбатоксидази та аскорбінредукдази), де критичними факторами збереження є мінімізація часу експозиції до високих температур, підтримання кислого середовища (pH < 6,0) та обмеження контакту з водним середовищем для запобігання вимиванню. Оскільки фармакокінетика аскорбату має нелінійний характер із механізмом насичення транспортерів SVCT1, стратегія забезпечення організму мікронутрієнтом має базуватися на регулярному споживанні продуктів, оброблених методами з низькою гідролітичною дією (парова обробка, мікрохвильове нагрівання), з урахуванням індивідуальних фізіологічних потреб та ризиків оксалатного нефролітіазу при гіпердозуванні.

Список використаних джерел:

1. Doseděl M, Jirkovský E, Macáková K, et al. Vitamin C-Sources, Physiological Role, Kinetics, Deficiency, Use, Toxicity, and Determination. Nutrients. – 2021. – Vol. 13, 2 615. https://doi.org/10.3390/nu13020615
2. Челябієва В. М. Вплив технологічних факторів на вміст вітаміну С у фруктових соках / В. М. Челябієва, О. М. Савченко, О. І. Сиза // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2015. – № 2 (78). – С. 224–229. https://www.researchgate.net/publication/387558562_VPLIV_TEHNOLOGICNIH_FAKTORIV_NA_VMIST_VITAMINU_S_U_FRUKTOVIH_SOKAH
3. Lee S., Choi Y., Jeong H. S. [et al.]. Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables // Food Science and Biotechnology. – 2017. – Vol. 27, № 2. – P. 333–342. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0281-1
4. Odit E. Effect of Different Cooking Methods on the Concentration of Vitamin C in Cowpea Vegetable (Vigna unguiculata) / E. Odit, D. Omara, R. Kifuku, C. Kawuma // European Journal of Nutrition & Food Safety. – 2022. – Vol. 14, Issue 12. – P. 8–13. https://doi.org/10.9734/EJNFS/2022/v14i121276