

Г.О.Сімахіна, д-р техн. наук, проф.

G.Simakhina

**БІОАНТИОКСИДАНТИ – НЕОБХІДНІ КОМПОНЕНТИ
ОЗДОРОВЧОГО ХАРЧУВАННЯ**

**BIOANTIOXYDANTS AS THE NECESSARY COMPONENTS
OF HEALTHY FOOD**

З'ясовано сучасні тенденції у системі захисту біологічних структур, передусім тканинних ліпідів, від ушкоджуючої дії вільних радикалів та перекисів і добору природних рослинних компонентів для створення нових оздоровчих продуктів антиоксидантної дії.

***Ключові слова:** ліпіди, біомембрани, антиоксиданти, вільні радикали, перекиси, вільнорадикальне окислення.*

There are elucidated the main tendencies in the system of biological structures' (particularly the tissue lipids) protection from the harmful influence of free radicals and peroxides, and in the choice of natural plant components for creating the new healthy foodstuff with antioxidant action.

***Keywords:** lipids, biomembranes, antioxidants, free radicals, peroxides, free radical oxidation.*

Останнім часом у біологічній і медичній літературі все більше уваги приділяють таким поняттям, як “антиоксиданти”, “антиоксидантний захист організму”, “перекисне окислювання ліпідів”, “вільнорадикальне ушкодження клітини й субклітинних структур” тощо.

І це не випадково. Як показали дослідження останніх років, більшість найпоширеніших захворювань (атеросклероз, рак, інфекційні хвороби тощо) розвиваються внаслідок зміни інтенсивності реакцій, що протікають за участі вільних радикалів, і в разі, коли система антиоксидантного захисту організму не здатна забезпечити їх надійне знешкодження [1, 2]. Більш того. Сьогодні існує понад 500 теорій старіння організму людини, і найбільш обґрунтованою вчені вважають теорію вільнорадикального старіння.

Відомо, що під вільними радикалами розуміють надзвичайно реакційно здатні уламки молекул з неспареними електронами, які, реагуючи з іншими молекулами або вільними радикалами, сприяють виникненню вільнорадикальних ланцюгових реакцій.

Для нас особливий інтерес являє вільнорадикальне окислення ненасичених жирних кислот, котрі входять до складу біологічних мембран, тобто **перекисне окислення ліпідів (ПОЛ)**.

Ця проблема викликала необхідність інтенсивного пошуку сучасних способів захисту клітинних і субклітинних мембран від ушкоджуючої дії продуктів перекисного окислення.

Засновниками вчення про антиоксиданти вважають Б.М.Тарусова (1954) та М.М.Емануеля (1963). Вони визначили роль тканинних ліпідів, особливо ненасичених жирних кислот, як одного з головних субстратів ланцюгових процесів у живому організмі [3, 4].

Тому **метою цієї роботи** є аналіз сучасних поглядів на формування системи захисту організму людини від ланцюгових вільнорадикальних процесів і використання для цього інгредієнтів рослинної сировини.

Слід розуміти, що процеси вільнорадикального окислення певної інтенсивності необхідні організмові людини. Більш того, у 1968 р. було сформульовано **положення про безперервне протікання вільнорадикального окислення в нормі**, яке звучить так: “Вільнорадикальне окислення безперервно проходить у нормі у всіх тканинах живих організмів і вільнорадикальне окислення за умови низької інтенсивності є одним із нормальних і необхідних метаболічних процесів” [5].

Тобто, низькі концентрації гідроперекисів (продуктів окислення) необхідні для метаболізму, а прискорення або різке гальмування вільнорадикального окислення призводять до патології і хвороб.

До найбільш характерних виявів прискореного протікання в організмі вільнорадикального окислення відносять такі: загальна кволість, захворювання слизових оболонок, підвищена ламкість капілярів, розлад роботи шлунково-кишкового тракту, анемія, втрата ваги, передчасне старіння.

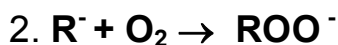
Сьогодні відомо декілька причин, що викликають активацію вільнорадикального окислення в тканинах живого організму:

- нестача в харчовому раціоні біоантиоксидантів (токоферолів, селену, аскорбінової кислоти тощо);
- ушкоджуюча дія зовнішніх чинників;
- систематичний хронічний стрес, що викликає мобілізацію енергетичних ресурсів організму і надмірні витрати антиокислювачів;
- гіпокінезія в поєднанні з надмірним і незбалансованим раціоном.

Під впливом котрогось із зазначених чинників у системі з'являється вільний радикал ($\text{HO}\cdot$). Він реагує з молекулою поліненасиченої жирної кислоти (ПНЖК) і перетворює її на відповідний жирнокислотний радикал ($\text{R}\cdot$):



З цієї реакції починається ланцюговий процес окислення ПНЖК [6]. Утворені жирнокислотні радикали (R^\cdot) взаємодіють з киснем повітря (його в атмосфері 20,9 %) і перетворюються на перекисні радикали:



Вони, в свою чергу, легко реагують з новими молекулами ПНЖК і сприяють утворенню гідроперекисів і нових вільних радикалів:



За такою схемою до ланцюгової вільнорадикальної реакції залучається дедалі більше молекул ПНЖК, що призводить до їх руйнування.

Основні кислоти, що входять до складу клітинних мембран і є першочерговими мішенями для дії вільних радикалів, – **мононенасичені** (олеїнова) та **поліненасичені** (лінолева і ліноленова). Останні в результаті реакцій біотрансформації піддаються ряду перетворень, внаслідок чого утворюється дві родини ПНЖК:

Родина ω -3: ліноленова → ейкозапентаєнова → докозапентаєнова → докозагексаєнова, які мають перший подвійний зв'язок у 3-му положенні від метильного кінця молекули;

Родина ω -6: лінолева → γ -лінолева → арахідонова, які мають перший подвійний зв'язок у 6-му положенні від метильного кінця молекули.

Оскільки олеїнова кислота має лише один подвійний зв'язок, то вона найбільш стійка до вільнорадикального окислення.

Інші кислоти легко окислюються під впливом кисню, світла, тепла, іонів важких металів. І чим вищий ступінь ненасиченості жирних кислот (докозагексаєнова має 6 подвійних зв'язків), тим менший рівень їхнього антиоксидантного захисту і тим швидше вони вступають у реакції

перекисного окислення ліпідів. Внаслідок цих реакцій утворюються токсичні продукти (перекиси ліпідів, альдегіди, кетони), які вступають в реакції з біологічно активними речовинами організму людини (ферментами, гормонами, вітамінами) та інактивують їх.

Кислоти родин ω -3 і ω -6 настільки важливі як у раціоні харчування, так і в складі біологічних мембран, що країни Європейського союзу зараз нормують не кількість жирів у раціоні, а лише найбільш біологічно цінні ПНЖК. Згідно з цими нормами, вміст кислот родини ω -6 у харчовому раціоні має становити 2% від його енергетичної цінності, а кислот родини ω -3 – 0,5%.

Для захисту від ушкоджуючої дії вільних радикалів в організмі людини внаслідок процесів еволюції сформувались **спеціальні системи регулювання вільнорадикальних процесів і захисту від перекисного окислення**.

Сьогодні вчені виявили дві таких системи [7]. Перша з них – **неферментативна**. Вона визначається наявністю в тканинах організму **антиоксидантів і відновників**, які гальмують розвиток процесів перекисного окислення. Це, так би мовити, **перша лінія захисту**.

Механізм дії антиоксидантів полягає в тому, що вони, взаємодіючи з вільними радикалами, інактивують їх і запобігають таким чином розвитку процесів перекисного окислення ліпідів.

Основним природним антиоксидантом, присутнім у живих тканинах, є **α -токоферол** (вітамін Е). Антиоксидантні властивості мають також **біофлавоноїди, деякі фосфоліпиди, сірковмісні амінокислоти, каротиноїди, селен**. На сьогодні найбільш ґрунтовно вивчено антиоксидантні властивості вітаміну Е [8].

До першої лінії захисту організму від перекисного окислення належать також **відновники**. Це сполуки, які здатні відновлювати в

активну форму ті антиоксиданти, які вже окислились при взаємодії з вільними радикалами, і таким чином знову вводити їх у дію. Найважливішими відновниками є **аскорбінова кислота, глутатіон, лимонна та нікотинова кислоти.**

Саме використання антиоксидантів як лікарських засобів в експериментальних та клінічних дослідженнях дало можливість довести вільнорадикальну природу найбільш загрозливих хвороб.

Лінія захисту, яку ми розглянули, дуже потужна, однак вона не може повністю виконати функції захисника організму. Річ у тім, що концентрація антиоксидантів і відновників має якусь межу, а при взаємодії з вільними радикалами вони витрачаються в еквімолекулярних кількостях. І коли **концентрація антиоксидантів і відновників зменшується нижче певного рівня, то вони вже не можуть впливати на рівень ВР і процеси перекисного окислення знову інтенсифікуються.**

Крім того, молекули антиоксидантів, інактивуючи вільні радикали, самі перетворюються при цьому в досить **стабільні вільні радикали.** І хоча вони менш активні, все ж при накопиченні в клітинах у високих концентраціях такі стабільні вільні радикали. І хоча вони менш активні, все ж при накопиченні в клітинах у високих концентраціях такі стабільні радикали можуть несприятливо впливати на клітинні структури.

У зв'язку з цим у живих клітинах існує ще одна система захисту від процесів перекисного окислення – **ферментативна.** Сюди належать ферменти і ферментативні системи, що здійснюють інактивацію вільних радикалів і перекисів: **супероксиддисмутаза, каталаза, глутатіонпероксидаза.**

Ще одну лінію захисту складають **аліментарні**, тобто харчові, чинники, насамперед збалансоване співвідношення між ненасиченими ліпідами і антиоксидантами їжі.

Сукупність цих трьох систем захисту та їх взаємодія формують **антиоксидантну систему організму**.

Нас цікавить передусім можливість захисту організму за допомогою харчових компонентів. Тому слід пам'ятати таке:

- В організм з їжею надходить певна кількість перекисів, у першу чергу перекисів ліпідів, основним джерелом яких є харчові жири, що окислились під час зберігання та при термічному обробленні.
- Структурою їжі, її якісним і кількісним жирнокислотним складом значною мірою визначається склад ліпідів живих тканин, а отже, й їх здатність до окислення. І що більший ступінь ненасиченості кислот, то краще вони окислюються. Тобто, з одного боку, організмові конче необхідні ненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова, арахідонова), а з іншого – надмірне їх надходження значно підвищує здатність ліпідів тканин до окислення.
- Від складу їжі залежить надходження в організм антиоксидантів та відновлювачів, а також сполук, які мають прооксидантні властивості, зокрема іонів деяких металів. Так, при нестачі в організмі вітаміну Е різко зростає процес утворення перекисів. Наприклад, кількість вільних радикалів у печінці зростає на 70%, у м'язах – на 50%, у серці і мозковій тканині – на 30...35%.

Загалом, можна зробити висновок, що порушення антиоксидантної системи виникає як при недостатньому надходженні антиоксидантів, так і при їх надмірній кількості.

Нещодавно було з'ясовано, що нестача в їжі **селену**, який входить до активного центру **глутатіонпероксидази**, веде до гальмування

активності цього найважливішого ферменту, який захищає організм від дії перекисів [9].

Слід особливо зазначити, що для підтримання антиоксидантної системи дуже важливим є не просто кількість тих чи інших ліпідів в їжі, а співвідношення, збалансованість між ними. Встановлено, що **при споживанні 1 г ПНЖК необхідно водночас вживати 0,5...1,0 мг вітаміну Е.**

Тому дуже корисно використовувати нерафіновані харчові олії, в яких співвідношення ПНЖК та вітаміну Е оптимальне. Істотний інтерес являють також наукові дані про те, що **недостатній вміст білків у раціоні призводить до посилення перекисного окислення ліпідів у тканинах організму і підвищує його потребу в вітаміні Е [10].**

Відповідно до найпростішої класифікації, антиоксиданти поділяють на **природні** і **синтетичні**. Нас цікавлять передусім природні антиоксиданти – біоантиоксиданти. В першому наближенні їх можна підрозділити на біофлавоноїди (поліфеноли), водо- і жиророзчинні вітаміни, сірковмісні амінокислоти, мікроелементи та ферменти.

Цікавим виявився той факт, що антиоксидантна система захисту людини практично ідентична антиоксидантній системі рослин, за винятком глутатіонпероксидази.

Усі антиоксиданти відносяться до природних, оскільки їх джерелом є природні речовини і, передусім, харчові продукти.

Людина в силу особливостей своєї біохімії або не здатна синтезувати більшу частину з перерахованих в таблиці сполук або містить їх в обмеженій кількості, тому основні антиоксиданти повинні надходити саме з їжею.

Одним із найважливіших класів антиоксидантів харчових продуктів є фенольні сполуки. Це циклічні спирти з бензольним кільцем, яке містить одну або кілька гідроксильних груп.

Поліфенолами називають сполуки, які мають у своєму складі кілька таких груп. Лише вищі рослини й мікроорганізми здатні здійснювати синтез бензольного кільця, а тварини й людина можуть лише перетворювати його на різні ароматичні сполуки.

Найважливішою властивістю поліфенольних сполук з точки зору антиоксидантної активності є їхня здатність перетворюватися з окислених форм у відновлені, тобто з хінонних – у фенольні, що зумовлює їхню участь в окисно-відновних реакціях вільнорадикальних процесів.

Яким же чином антиоксиданти їжі здійснюють свою захисну функцію в організмі людини? Численними дослідженнями останніх років показано, що основними зонами їхнього впливу в клітині організму є мембрани і ядерний геном. Вбудовуючись у мембрани клітин, антиоксиданти стають ефективними інгібіторами вільнорадикальних ланцюгових реакцій. Нестача мембранотропних антиоксидантів призводить до незворотних ушкоджень мембран продуктами ПОЛ, що викликає порушення мембранного транспорту, функціонування мембранозв'язаних ферментів [11]. Результатом цих процесів є виникнення патологічних станів, зниження тривалості життя і в ряді випадків – смерть живого організму.

Тому оптимальне надходження біоантиоксидантів з харчовими продуктами, біодобавками до їжі, а в необхідних випадках і з фармакологічними препаратами є ефективним засобом антирадикального захисту організму від дії токсичних сполук, високих чи низьких температур, несприятливих чинників довкілля, підвищення

неспецифічної резистентності організму, поліпшення функціонування імунної системи.

Висновки. Виходячи із зазначених міркувань, до антиоксидантів відносять біологічно активні речовини (рослинні чи синтезовані), здатні знешкоджувати або нейтралізувати вільні радикали, обриваючи таким чином ланцюг неконтрольованих вільнорадикальних процесів окислення біологічних структур живого організму.

Ушкоджуюча дія вільних радикалів та перекисних сполук на клітини органів та тканин різко обмежується або зовсім припиняється складною багатокомпонентною антиоксидантною системою, еволюційно сформованою в організмі людини. Ця система впливає на всі ланки вільнорадикального окислення, починаючи від утворення вільних радикалів і завершуючи їх зв'язуванням та модифікацією, а також запобігає появі перекисів і руйнує їх.

Складається антиоксидантна система з комплексу гідрофільних та гідрофобних органічних сполук, що мають власне **антиокислювальні** або **відновні** властивості, а також із ферментів, що підтримують гомеостаз цих сполук. До цієї системи входять і аліментарні інгредієнти.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Gordon, M.H., Ail, J.* Antioxidant activity of flavonoids isolated from licorice // *Int. News Fats, Oils and Relat. Mater.* – 1994. – #4. – P. 519-577.
2. *Esterbauer, H., Gebicki, I., Puhl, H.* The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL // *Free Rad. Biol. Med.* – 1992. – #13. – P. 341-390.
3. *Тарусов Б.Н., Веселовский В.А.* Сверхслабые свечения растений и их прикладное значение. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 150 с.

4. *Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т.* Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе. – М.: Наука, 1985. – 376 с.
5. *Владимиров Ю.А., Арчаков А.И.* Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1982. – 252 с.
6. *Козлов Ю.П.* Свободные радикалы и их роль в нормальных и патологических процессах. – М.: Наука, 1983. – 213 с.
7. *Барабой В.А.* Растительные фенолы и здоровье человека. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
8. *Бушма М.И.* Витамин Е, фолиевая кислота и РР как активаторы гидроксигирующей, глюкуро- и глутатионконъюгирующей систем печени: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.25. – М., 1991. – 32 с.
9. *Барабой В.А., Сутковой Д.А.* Окислительно-антиоксидантный гомеостаз в норме и патологии. – К.: Чернобыльинтеринформ, 1997. – 413 с.
10. *Данилов В.С., Каган В.Е.* Изучение перекисного окисления липидов в норме и патологии методом полярографии // Известия АН СССР. – 1992. – №4. – С. 574-579.
11. *Бурлакова Е.Б., Храпова Н.Г.* Перекисное окисление липидов мембран и природные антиоксиданты // Успехи химии. – 1985. – №9. – С. 1540-1558.

Надійшла до редколегії 25.02.08 р.