**«СПІЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА НОМЕНКЛАТУРА ВІЛЬНИХ РАДИКАЛІВ»**

**ЗМІСТ**

ВСТУП 3

1. ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ ВІЛЬНИХ РАДИКАЛІВ 4

1.1. Біологічне значення вільних радикалів 6

2. НОМЕНКЛАТУРА РАДИКАЛІВ 7

3. КЛАСИФІКАЦІЯ РАДИКАЛІВ 11

3.1. Первинні радикали і реактивні молекули ....13

3.2. Побічні і третинні радикали ....15

ВИСНОВОК 17

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 18

**ВСТУП**

Загальновідомо, що більшість патологічних процесів перебігає на тлі утворення активних форм кисню, а також азоту та хлору - так званих “первинних” вільних радикалів та інтенсифікації вільнорадикального окиснення біосубстратів, що належить до різних класів органічних сполук (білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти). Цей процес зумовлений дисбалансом між прооксидантними й антиоксидантними системами, які блокують утворення високореактивних вільних радикалів.

Вільними радикалами називають атоми й молекули, що мають неспарений електрон на своїй зовнішній орбіті.

Вільні радикали задіяні у ряді біологічних процесів, зокрема вони необхідні для внутрішньоклітинного знищення бактерій фагоцитами — гранулоцитами і макрофагами.

Вільні радикали відіграють важливу роль у горінні, хімічних перетвореннях в атмосфері, полімеризації, хімії плазми, біохімічних та багатьох інших процесах. У біологічних системах вільнорадикальному окисненню можуть підлягати нуклеїнові кислоти, білки, ліпіди та інші речовини, серед цих реакцій особливо важливе значення має перекисне окиснення ліпідів.

*Мета роботи* полягає у розгляді поняття вільних радикалів, їх номенклатурі та класифікації.

Для досягнення мети розглядаються наступні *завдання:* визначити поняття вільних радикалів; розглянути їх біологічне значення; розвинути уявлення про номенклатуру та класифікацію радикалів.

*Ключові слова:* *радикал, вільний радикал, гомоліз, алкилування, антиоксиданти,* *нітроксильний радикал, хімічна номенклатура, систематична (міжнародна) номенклатура, тривіальна номенклатура, диоксид, супероксидний радикал, синглетний (збуджений) кисень, реактивні молекули,**побічні і третинні радикали.*

1. **ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ ВІЛЬНИХ РАДИКАЛІВ**

**Радика́л** (вільний радикал; від фр. radical та лат. radicalis — «корінний», «той, що має корінь»; від лат. radix, «корінь») в хімії — парамагнітна частинка (атоми або молекули) з неспареним електроном на зовнішній атомній або молекулярній орбіталі. Неспарений електрон у радикалів прийнято позначати точкою. Наприклад, радикал гідроксилу позначають як HO·, радикал перексиду водню як HOO·, надоксидний радикал  ∙О–О−.

**Вільний радикал** визначається як особливий вид молекули, здатної існувати незалежно і містить один або більше неспарених електронів. Завдяки енергії такої нестійкої конфігурації вільні радикали виявляють високу реакційну здатність і вступають у хімічну взаємодію між собою та з усіма навколишніми молекулами неорганічних і органічних речовин, зокрема ліпідами, білками, вуглеводами. В результаті утворюються пероксидні сполуки, які у свою чергу стають джерелом усе нових і нових радикалів. Таким чином, реакції вільнорадикального окиснення набувають ланцювого і розгалуженого характеру.

В основі збільшення кількості вільних радикалів у клітині, а отже, у й активації вільнорадикального окиснення, можуть лежати два механізми:

* посилене генерування (насильницький варіант ушкодження);

- порушення діяльності систем антиоксидантного захисту – антиоксидантна недостатність (цитопатичний варіант ушкодження).

Вільні радикали можуть виникати під дією тепла, каталізаторів, ультрафіолетового та радіаційного випромінення, інших впливів на молекули. Реакція утворення радикалів називається **гомоліз.**

Характерна особливість вільних радикалів — висока хімічна активність, обумовлена наявністю вільних валентностей (неспарених електронів). Більшість вільних радикалів мають малу тривалість життя (на рівні декількох мс).

Вільні радикали відіграють важливу роль у гетерогенному каталізі, ферментативних процесах у живих організмах, у реакціях швидкого окислення — горіння, у важливих проміжних процесах — крекінгу, піролізу, полімеризації, процесах, які включають механохімічну активацію та ін. Вільні радикали з кінетичною енергією, яка набагато перевищує певне середнє значення, притаманне для нього, називають **гарячим радикалом**.

Терміни «радикал» і «вільний радикал» іноді використовуються рівнозначно, проте радикал може бути зв'язаний за рахунок ван-дер-вальсівських або інших нековалентних зв'язків.

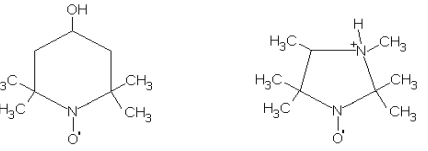
Перший органічний вільний радикал (трифенілметиловий радикал) був ідентифікований Мозесом Гомбергом у 1900 році в Мічиганському університеті.

Історично термін «радикал» використовувався для опису частин молекули, особливо коли вони залишаються незмінними під час реакцій. Наприклад, метиловий спирт описувався як складова метилового і гідроксильного радикалів. Жоден з цих «радикалів» не був радикалом у сучасному хімічному сенсі, оскільки вони були постійно зв'язані і не мали неспарованих електронів. Зараз для позначення частин більших молекул використовуються терміни «замісник» або «функціональна група».

На сьогодні встановлено, що вільнорадикальні процеси (ВРП) відіграють важливу роль у життєдіяльності клітин, і є необхідним етапом різних метаболічних процесів. Вільнорадикальне окиснення сприяє знищенню “неживих” клітин, елімінації ксенобіотиків, попереджає злоякісну трансформацію клітин, моделює енергетичні процеси за рахунок впливу на активність дихального ланцюга в мітохондріях, проліферацію і диференціацію клітин, транспорт іонів, бере участь у регуляції проникності клітинних мембран, у руйнуванні пошкоджених хромосом, у забезпеченні дії інсуліну.

* 1. **Біологічне значення вільних радикалів**

Вільні радикали мають велике біологічне значення. Взагалі це дуже реакційно здатні частинки, вони активно вступають в реакції і у вільному стані не існують. Але є деякі вільні радикали досить стійкі. Наприклад:



**нітроксильний радикал**, який використовують для визначення рН клітин. Цей радикал вводять в клітину, а потім знімають ЕПР-спектр, який залежить від рН клітини.

В організмі людини вільні радикали утворюються в результаті дії радіації, ультрафіолету, озону, оксидів нітрогену. Вони є продуктами біохімічних реакцій. Прикладом може бути участь феруму у вільнорадикальних реакціях в організмі людини.

C:\Users\July\Desktop\Книга\Снимок 5.PNG

В організмі людини утворюються такі вільні радикали:

Н • , ОН• , НО2 • , О2 • , СН3 • , RO• .

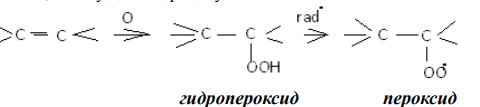
В нормі вільні радикали беруть участь в таких процесах:

1) пероксидного окиснення ліпідів мембран, що сприяє росту клітин;

2) синтез простагландинів - біологічно активних речовин з широким спектром дії в організмі людини.

Але якщо вільних радикалів утворюється багато, то вони проявляють токсичну дію:

1) посилюється пероксидне окиснення ліпідів мембран, що призводить до їх руйнування, Схему цього процесу можна показати таким чином:



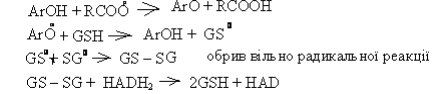
2) знижується рівень амінокислот метіоніну та триптофану, що призводить до уповільнення синтезу білків;

3) руйнуються дисульфідні зв'язки S – S в білках;

4) дуже чутливим до дії вільних радикалів є процес окиснювального фосфорилювання, тобто порушується синтез АТФ;

5) порушується структура ДНК та білків в результаті алкилування азотистих основ ДНК та бензольних ядер білків (**алкилування** - це реакція введення алкилу, тобто залишку алкану).

Організм захищається від дії вільних радикалів за допомогою **антиоксидантів** - це речовини, які зв`язують вільні радикали. В організмі людини цю роль виконують ферменти - *каталаза*, *глютатіонпероксидаза*, *супероксиддисмутаза*. Поза організмом цю роль виконують деякі вітаміни, наприклад: *ретинол* *(вітамін А),* *аскорбінова кислота* *(вітамін С), α-токоферол (вітамін Е),* який на даний час є найсильнішим антиоксидантом. До складу вітаміну Е входить фенольний гідроксил, який і зв'язує вільні радикали.



(GSH це глютатіон – трипептид, який взаємодіє із вільним радикалом. НАД -це кофермент, який переносить атоми гідрогену). В даний час ведеться пошук нових антиоксидантів, наприклад, дібунол, похідні оксипіридинів, декстраміни та ін.

**2. НОМЕНКЛАТУРА РАДИКАЛІВ**

**Хімічна номенклатура** – це сукупність правил назвоутворення окремих сполук та їх класів. Відомі три основні різновиди номенклатур для органічних сполук: тривіальна, раціональна, систематична або міжнародна (IUPAC).

*Систематична* (міжнародна) номенклатура утворює найбільш правильні, точні й індивідуальні назви органічних сполук. Основні принципи систематичної номенклатури були прийняті у 1892 р. на з’їзді хіміків у Женеві (Женевська номенклатура). На наступних з’їздах хіміків (Льєж, 1930 р., 1957 р.) до цієї номенклатури вносилися доповнення. Нині найповнішими є правила комісії із номенклатури органічних сполук при Міжнародній Спілці Чистої (теоретичної) і Прикладної (практичної) Хімії — скорочено називаються за першими літерами англійської назви цієї спілки — правилами IUPAC. «Правила IUPAC» були прийняті на конференції IUPAC у 1957 р. у Парижі. (IUPAC розшифровується як International Union of Pure and Applied Chemistry – Міжнародний союз теоретичної та прикладної хімії). Слід відмітити, що назви для складних за структурою сполук відповідно до правил IUPAC іноді бувають надзвичайно громіздкими, тому для спрощення допускається використання *тривіальної номенклатури*. В її основу положено назви насичених вуглеводнів. Клас сполук позначається функціональним закінченням.

Якщо відслідкувати трансформацію поняття «радикал», то наразі за рекомендаціями IUPAC диференціюють поняття «залишок» і «замісник». За правилами IUPAC не рекомендують використовувати поширений термін «вуглеводневий радикал» для позначення структурного фрагмента R–, що формально утворюють відщепленням Гідрогену від молекули відповідного вуглеводню. Терміном «радикал» називають реально існуючі частинки різної природи з неспареним електроном, тобто вільні радикали (наприклад, H· – атом Гідрогену, NO2· – мономолекулярний нітроген (IV) оксид, CH3· – метильний радикал, R· – вуглеводневий радикал).

Механізм радикального заміщення розглянемо на прикладі бромування бутану:

1) стадія ініціювання: під дією ультрафіолету молекула брому гомолітічно розпадається на два вільних радикали:

C:\Users\July\Desktop\Книга\Снимок 8.PNG

2) один вільний радикал брому взаємодіє із молекулою бутану, в результаті чого утворюється вільний радикал бутану і саме вторинний радикал, тому що в ньому більш рівномірно розподіляється електронна густина, ніж в первинному, томуٝ він термодинамічно стійкіший за первинний радикал:

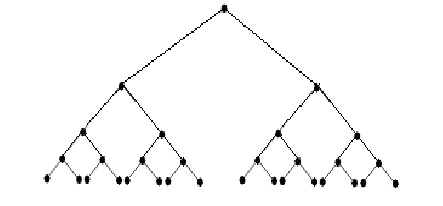
C:\Users\July\Desktop\Книга\Снимок 9.PNG

3) вторинний радикал бутану взаємодіє із молекулою брому і утворюється продукт радикального заміщення і новий вільний радикал брому:

C:\Users\July\Desktop\Книга\Снимок 10.PNG

Вільнорадикальні реакції ідуть з дуже великою швидкістю. Якщо б на третій стадії вільний радикал бутану прореагував із другим вільним радикалом брому (див. першу стадію), то радикальна реакція на цьому обірвалася б. Але найчастіше такі реакції переходять в ланцюговий процес. Теорію ланцюгового процесу розробив російський вчений академік М.М. Семенов, за що був удостоєний Нобелівської премії в 1956 році.

Схема ланцюгового процесу



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Таблиця 1.** Назви деяких радикалів і молекул відповідно до рекомендацій комісії по Номенклатурі | | |
| Формула | Структурна формула | Назва радикала |
| O·- | ·O- | Оксид (1-), [оксид] |
| O2 | ·OО· | [Диоксиген] |
| O2·- | ·OО- | Диоксид (1-), супероксид, [диоксид] |
| O3 | http://www.chemiemania.ru/images/books/8352/image004.png | Триоксиген, [озон] |
| °O3·- | ·OOO- | Триоксид (1-), озонид |
| HO· | HO· чи ·OH | [Гидроксил] |
| HO2· | HOO· | Гидродиоксид, [гидродиоксил] |
| Н202 | HOOH | [Перекись водню] |
| RO· | RO· | [Алкоксил] |
| С2H5O· | CH3CH2O· | [Этоксил] |
| R02· | ROO· | [Алкилдиоксил] |
| RO2H | ROOH | [Апкилгидропероксид] |

Зупинимося на деяких із цих рекомендацій. Насамперед не потрібно писати "вільний" перед словом радикал. Про радикальну природу аналізованої частки каже закінчення "ил". Так радикали RO· і HO· називаються відповідно "алкоксил" і "гидроксил".

Істотно новою треба вважати рекомендацію не зловживати похідними від "пероксид" і "гидропероксид". Група з двох пов'язаних між собою атомів кисню називається "**диоксид**". Відповідно до цього радикал ROO· рекомендується називати "алкилдиоксилом". Молекулярний кисень називається "диоксигеном", а озон - "триоксигеном".

Найменування із закінченням "ил" дуже зручні, нічого не говорить про те, який заряд частки. Тож у деяких випадках рекомендується використовувати систематичну назву радикала, де після назви групи дається в дужках заряд. Наприклад радикал O2·- називається "диоксид (1-)".

**3. КЛАСИФІКАЦІЯ РАДИКАЛІВ**

Залежно від природи вільні радикали поділяють на а) первинні, б) вторинні, в) третинні.

Вільні радикали

Первинні Вторинні Третинні

кисневі азотні

За своїм біохімічним походженням у клітині вільні радикали умовно поділяють на: первинні (супероксид, нітрооксид, семіхінони); вторинні, які виникають внаслідок взаємодії первинних вільних радикалів з біомолекулами (гідроксил та радикали ліпідів та інших біомолекул) та третинні (радикали антиоксидантів). Основним джерелом вільних радикалів є кисень, до активних форм якого належать діоксид або супероксидний аніонрадикал, перекис водню, гідроксильний радикал. Окрім продуктів відновлення кисню до активних форм його належать активовані кисневі метаболіти: молекули в синглетному стані та оксид азоту, пероксинітрит, гіпогалогеніти. Серед активних форм кисню найбільш стабільним є пероксид водню, а найсильнішим окисником – гідроксильний радикал. Кисень має як позитивні, так і потенційно небезпечні побічні ефекти для біологічних систем. Реактивні форми кисню мають важливу роль в якості вторинних месенджерів у багатьох внутрішньоклітинних сигнальних каскадів, спрямованих на підтримку гомеостазу клітини. Реактивна здатність дозволяє кисню брати участь у передачі високоенергетичних електронів і підтримувати таким чином генерацію великої кількості аденозин-5-трифосфату через окисне фосфорилювання. Отже, наш організм перебуває під постійною окиснювальною атакою активних форм кисню, надлишкова продукція яких є фактором пошкодження – на противагу в клітині існує природна антиоксидантна система. Вона представлена ферментами, серед яких важливе значення мають Mn2+- і Сu2+- залежні супероксиддисмутази, глютатіонпероксидаза, глутатіонредуктаза і каталаза. Супероксиддисмутаза конвертує супероксид-аніони на перекис водню, який потім трансформується на воду іншими ферментами. Складна система антиоксидантного захисту в цілому підтримує цей напад у стані балансу. А в тих випадках, коли цей баланс порушується, це може призвести до окиснювального стресу, який найкраще можна охарактеризувати, як зміни в прооксидантно-антиоксидантному балансі на користь перших, що відіграє важливу роль у патофізіології багатьох захворювань, в тому числі й ускладнень вагітності.

Концепція прооксидантно-антиоксидантного балансу є центральною для розуміння окисного стресу з кількох причин:

- по-перше, вона підкреслює, що до порушення можуть призвести зміни по обидві сторони від рівноваги (наприклад, аномально високий рівень активних форм кисню або недостатність системи антиоксидантного захисту);

- по-друге, вона висуває на перший план гомеостатичні концентрації АФК.

Отже, незначні порушення в балансі, швидше за все, призведуть до гомеостатичної адаптації у відповідь на зміни в найближчому оточенні, в той час як більші збурення можуть призвести до незворотного пошкодження і загибелі клітин.

**3.1. Первинні радикали і реактивні молекули**

До первинних вільних радикалів належать супероксидний аніон-радикал, оксид нітрогену; вторинними є гідроксильний радикал, синглетний кисень, пероксид гідрогену, пероксинітрит.

Серед первинних радикалів найбільше значення мають *кисневі* – так звані активні форми кисню і *азотні*.

Основними видами активних форм кисню є:

*O2 (НO2)* – *супероксидний* радикал (у формі аніон-радикала або у зв’язаній з воднем формі); [*H*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD)*2O2*- пероксид водню; *ОН* – гідроксильний радикал (на відміну від *OH-*, не має електричного заряду); *O2 – синглетний* (збуджений) *кисень* – молекула кисню, у якій один з електронів зовнішньої орбіталі перейшов на більш високий енергетичний рівень.

Оксид нітрогену утворюється при окисненні *L*-аргініну під дією *NO*-синтетази за участю кальмодуліну. Синтез *NO* при атеросклерозі не змінюється, але його дефіцит може виникати при збільшенні утворення сполуки *NO* з супероксид-аніоном. Цей процес закінчується синтезом пероксинітриту зі значними патогенними властивостями, у т.ч. з утворенням окиснених форм ліпопротеїнів низької густини (атерогенний фактор). Для синтезу вторинних вільних радикалів використовується гідроген НАДФ·Н, НАД·Н (донори протонів).

Супероксид-аніон може відновлювати *Fe3+* в *Fe2+*, при взаємодії якого з пероксидом гідрогену, перекисами ліпідів і гіпохлоритом утворюються високотоксичні радикали. З усіх вільних радикалів найбільшу активність виявляють гідроксильний радикал і пероксинітрит.

До активних форм азоту відносять: *NO –* оксид азоту; *ООNO* - пероксинітрит. Утворюється при взаємодії оксиду азоту з супероксидним аніон-радикалом у реакції *NO* + *O2* = *ООNO*.

Вторинні вільні радикали і пероксиди утворюються при взаємодії первинних з різними молекулами клітини (R). Їх різновидами є:

*ROOH* – органічні гідропероксиди;

*RO* – алкоксирадикали;

*ROO* – пероксирадикали.

Первинні вільні радикали взаємодіють один з одним і утворюються вторинні вільні радикали і гідропероксиди:

**C:\Users\July\Desktop\Книга\Снимок 2.PNG**

Цей процес значно посилюється у присутності кисню: C:\Users\July\Desktop\Книга\Снимок 3.PNG

Серед вільних радикалів похідних кисню у біологічних системах найважливішими є супероксид-аніон і гідроксильний радикал, обидва формуються із кисню у відновних умовах. Через високу реакційну здатність ці частинки можуть вступати у небажані взаємодії і шкодити організму. Надмірна концентрація вільних радикалів може призвести до пошкодження і смерті клітин, зокрема під час таких патологічних процесів як рак, інсульт, інфаркт міокарда, цукровий діабет та інші.

Деякі вільні радикали, як от супероксид-аніон і моноксид азоту, у багатьох організмів регулюють певні процеси, наприклад зміну тонусу кровоносних судин. Вони також відіграють роль у проміжному метаболізмі різноманітних сполук. Ці радикали можуть бути посередниками у так званому «редокс сигналюванні».

**Реактивні молекули**: перекис водню, пероксинітрит, - утворюються у реакціях, однією з учасників яких у більшості випадків є радикал, інколи ж - диоксиген, який, втім, теж має неспарені електрони на зовнішній електронній оболонці. Натомість, ці молекули, а водночас - гіпохлорит, охоче утворюють радикали у присутності іонів металів перемінної валентності, насамперед – іонів двух валентного заліза. Такі радикали називають вторинними; сюди відносяться радикал гидроксила і радикали ліпідів.

**3.2. Побічні і третинні радикали**

**Побічні радикали**, на відміну від первинних, утворюються у неферментативних реакціях і, як відомо нині, не виконують фізіологічно-корисних функцій. Навпаки, вони мають руйнівну дію на клітинні структури та цілком обгрунтовано можуть бути названі шкідливими радикалами. Саме освіта вторинних радикалів призводить до розвитку патологічних станів і основу канцерогенезу, атеросклерозу, хронічних запалень і нервових дегенеративних хвороб. Втім, реактивні молекули також мають цитотоксичну дію, причому тільки завдяки освіті їх вільних радикалів.

Для захисту від пошкоджуючої дії вторинних радикалів в організмі використовується велика група речовин, так звані **третинні радикали** (радикали антиоксидантів). Реагуючи з ліпідними радикалами, ці речовини самі перетворюються на радикали антиоксидантів. Вміст вільних радикалів знижується за допомогою антиоксидантів, які розривають ланцюги перетворень у реакціях вільнорадикального окиснення, руйнують молекули перекисів. До ферментних антиоксидантів належать супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза, каталаза, які містяться у клітинних структурах. Неферментні антиоксиданти — це вітаміни Е, К, С, убіхінони, триптофан, фенілаланін, церулоплазмін, трансферин, гаптоглобін, глюкоза, каротиноїди. Ці антиоксиданти блокують активність вільних радикалів у крові. Супероксиддисмутаза конвертує супероксид-аніони на перекис водню, який потім трансформується на воду іншими ферментами.

Складна система антиоксидантного захисту в цілому підтримує цей напад у стані балансу. А в тих випадках, коли цей баланс порушується, це може призвести до окиснювального стресу, який найкраще можна охарактеризувати, як зміни в прооксидантно-антиоксидантному балансі на користь перших, що відіграє важливу роль у патофізіології багатьох захворювань, в тому числі й ускладнень вагітності.

**ВИСНОВОК**

Як висновок можна зазначити, що у даному рефераті ми розкрили поняття вільних радикалів, розглянули їх номенклатуру та класифікацію. Розвинули уявлення щодо первинних, вторинних та третинних радикалів.

Отже, вільний радикал визначається як особливий вид молекули, здатної існувати незалежно і містить один або більше неспарених електронів, і саме ця неповна електронна оболонка надає йому високої реактивної здатності. Реактивні окиснювачі відіграють важливу роль у процесах метаболізму клітин в умовах норми, а при утворенні в надлишкових концентраціях є факторами дезорганізації всіх структур клітин, що призводить до порушення функціональної активності і в кінцевому підсумку їх загибелі.

Ступінь і характер тканинних ушкоджень, порушень біохімічних процесів залежать від вираженості впливу вільнорадикального окиснення. При певному рівні вільнорадикальне окиснення забезпечує нормальні біохімічні процеси та функції тканинних сполук, а при зміні рівня вільнорадикального окиснення ініціюється ушкоджувальна дія накопичення пероксидів ліпідів, що прискорює старіння організму. Вони також затримують поділ клітин, що уповільнює процеси загоєння ушкоджених тканин.

Найкращий спосіб нейтралізувати вільні радикали - це правильне харчування. Чим більше овочів, трав і фруктів ми їмо щодня, тим краще. Ще краще, якщо ви купуєте регіональні продукти або вирощуєте їх самі, тому що все, що ми бачимо в супермаркеті, вже пройшло довгий шлях від того місця, де було вирощене. А це означає, що в таких овочах і фруктах вміст вітамінів вже скоротився на 30-50%, а разом з цим скоротився і антиоксидантний потенціал.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Атаман О. В. Патофізіологія. Т.1. Загальна патологія.: Підручник для ВНЗ // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://books.google.com.ua](https://books.google.com.ua/)

2. Біологічна хімія / Л.М. Вороніна, В.Ф. Десенко, Н.М. Мадієвська та ін. — Х., 2000; Біохімія людини. — Тернопіль, 2001.

3. Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Губський Ю.І. Біологічна хімія. — К.–Тернопіль, 2000.

4. Номенклатура радикалів // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.chemiemania.ru>

5. ОБГРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНОГО ОКИСНЕННЯ БІОПОЛІМЕРІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) // В.В. Іліка, О.М. Давиденко\*, К.Г. Тащук \*\*, О.В. Гарвасюк // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [file:///C:/Users/July/Desktop/104159-220902-1-PB.pdf](file:///C:\Users\July\Desktop\104159-220902-1-PB.pdf)

6. Основні класи органічних сполук. Багатоманість органічних сполук їх класифікація та номенклатура // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mariia22kot.wixsite.com/himsite/blog>

7. НОМЕНКЛАТУРНІ СИСТЕМИ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ТЕОРЕТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ В ОРГАНІЧНІЙ ХІМІЇ Ковтун О. М., Толмачова В. С., Корнілов М. Ю., Гордієнко О. В., Ісаєв С. Д., 2012 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.terminology.lp.edu.ua/>

8. СМІРНОВА О.В. ПОСІБНИК ІЗ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ // Частина II //Вінниця 2011// [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [file:///C:/Users/July/Desktop/u\_posobie\_org\_chem\_2%20(1).pdf](file:///C:\Users\July\Desktop\u_posobie_org_chem_2%20(1).pdf)

9. СУЧАСНА ХІМІЧНА ТЕРМІНОЛОГІЯ ТА НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ © Гордієнко О., Корнілов М., Голуб О., Ісаєв С., Толмачова В., Ковтун О., 2008// [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vlp.com.ua>