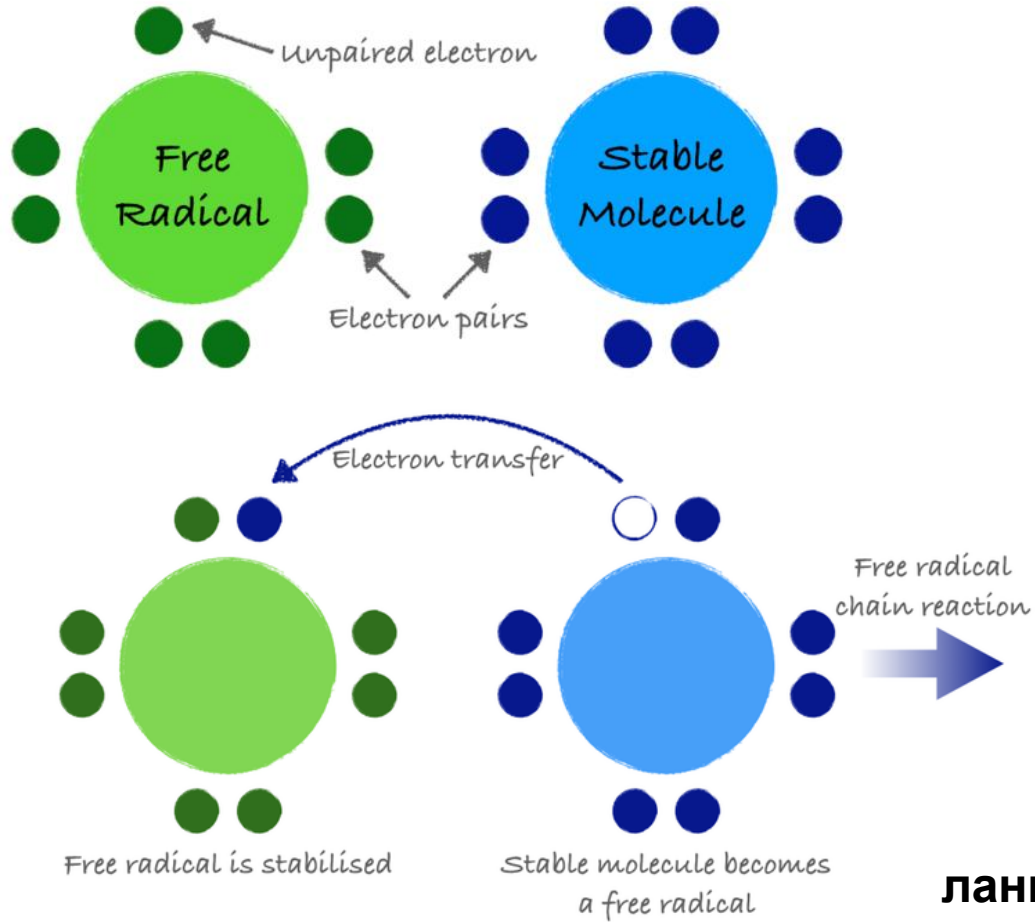


вільний радикал

насичена молекула



ланцюгова реакція

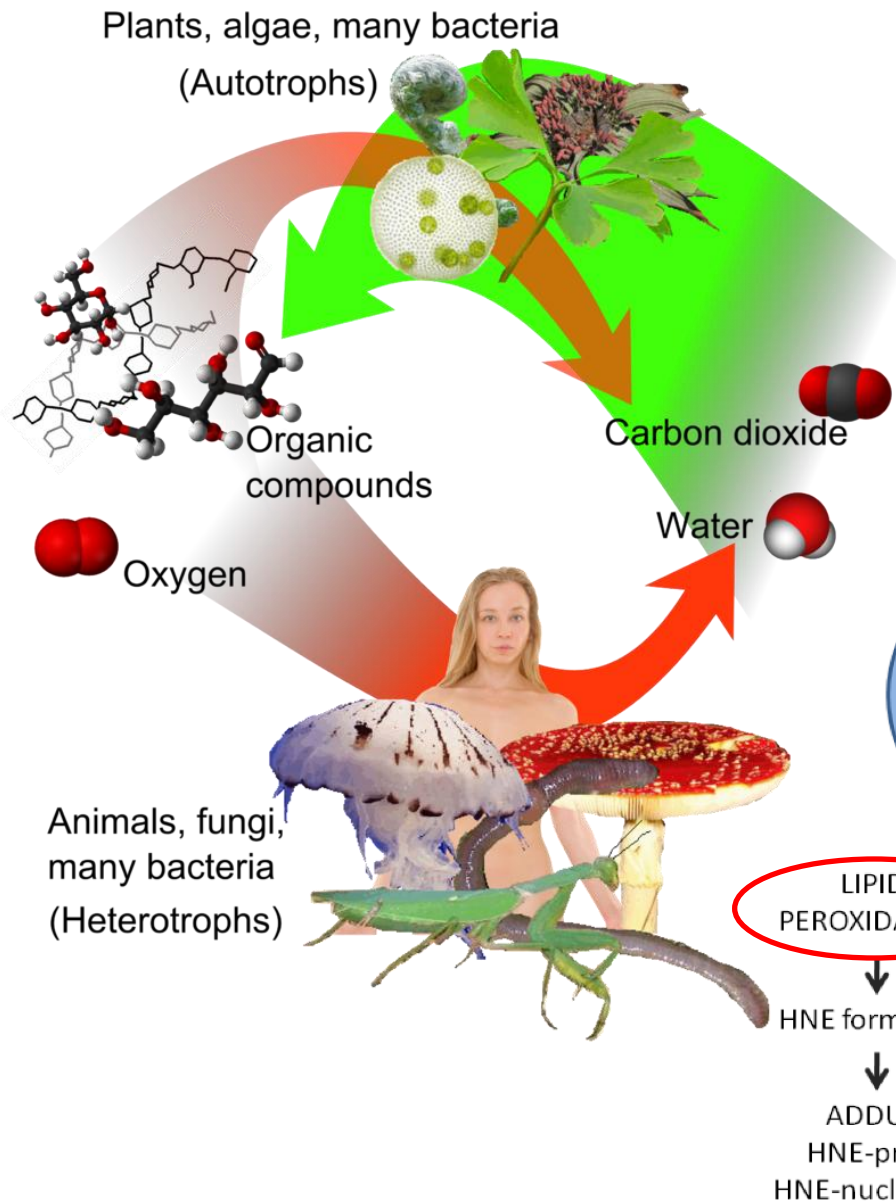
ROS, reactive oxygen species:

RO[•]	алкоксильний радикал
O ₂	синглетний кисень
O ₂ ^{•-}	супероксид аніон радикал
[•] OH	гідроксильний радикал
ROO[•]	пероксильний радикал
H ₂ O ₂	пероксид водню
LOOH	пероксид ліпиду

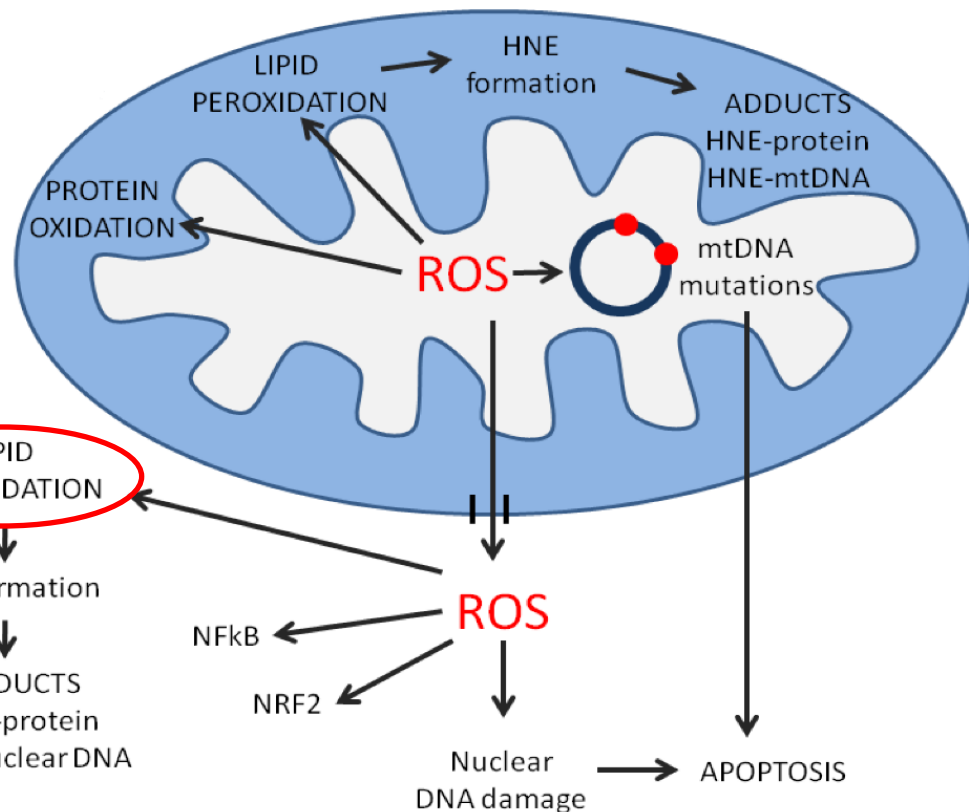
- надмірно активні оксидази
- оксидація при запаленнях
- радіоліз води
- UV опромінення
- ультразвук

RNS, reactive nitrogen species:

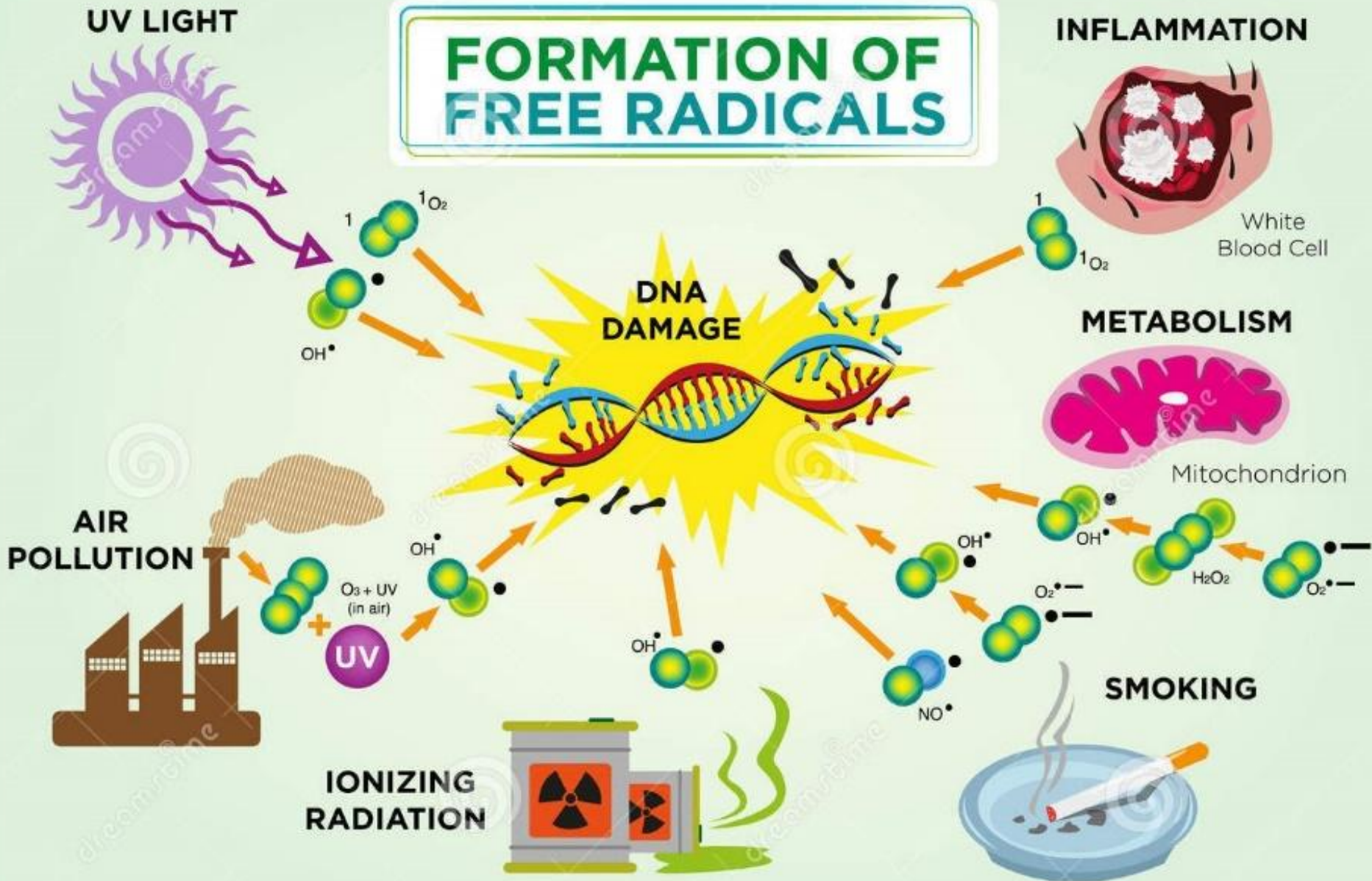
NO	оксид азоту
NO ⁺	нітрозил катіон
NO ⁻	нітроксил аніон
ONOO ⁻	пероксинітрит
NO ₂	діоксид азоту



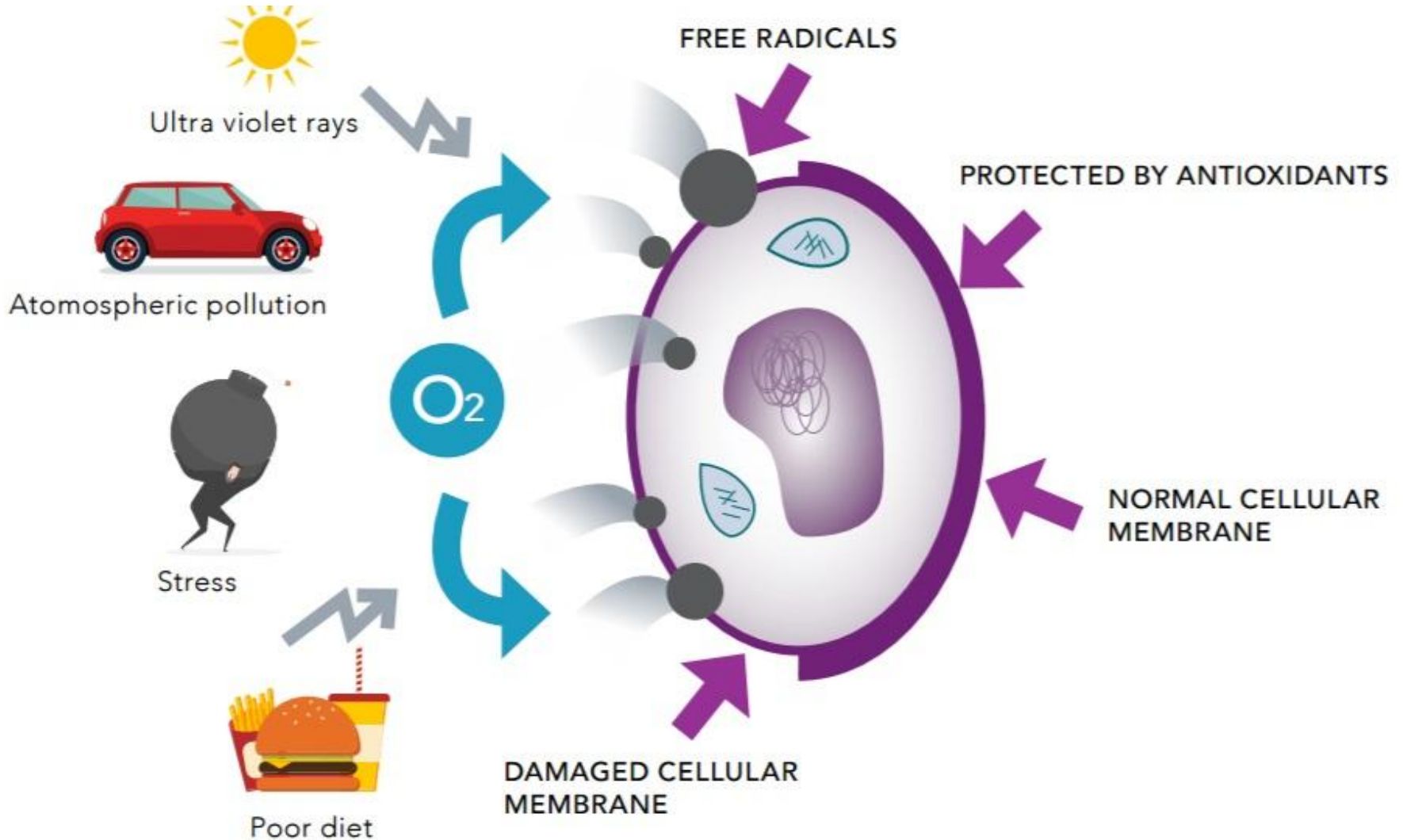
ROS утворюються при транспорті електронів в мітохондріях



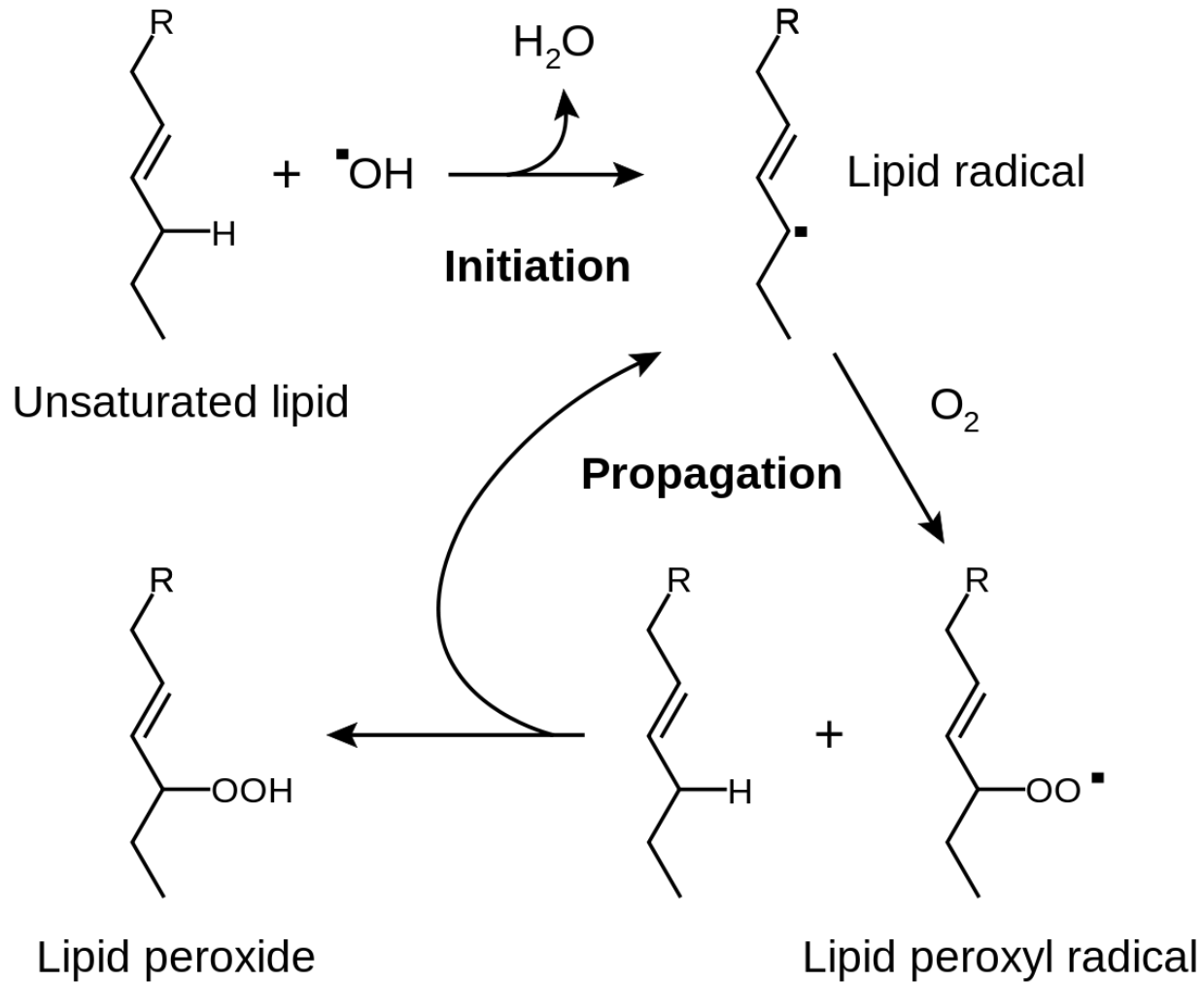
FORMATION OF FREE RADICALS



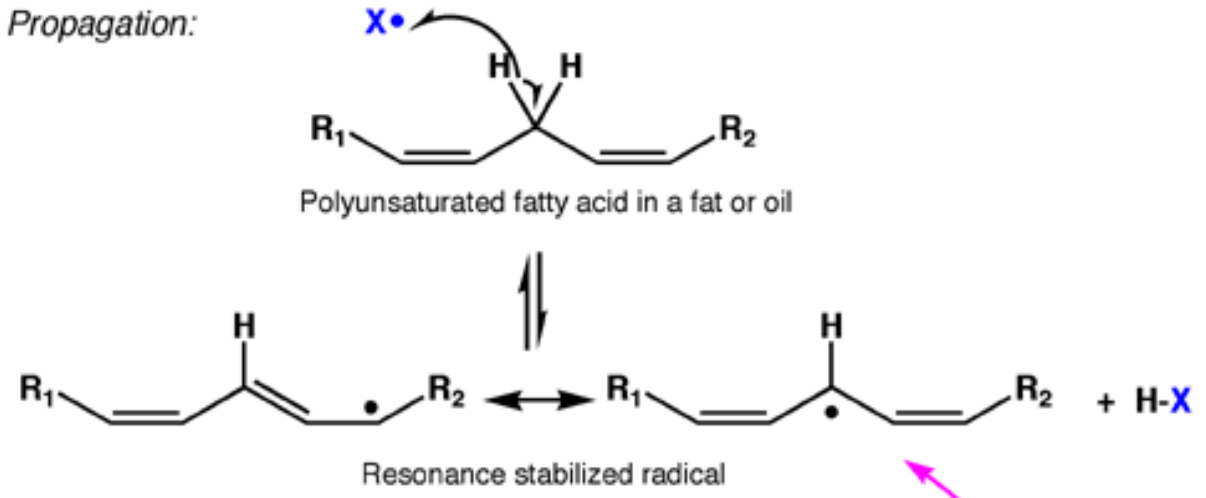
ROS і RNS окислюють ліпіди, білки, ДНК



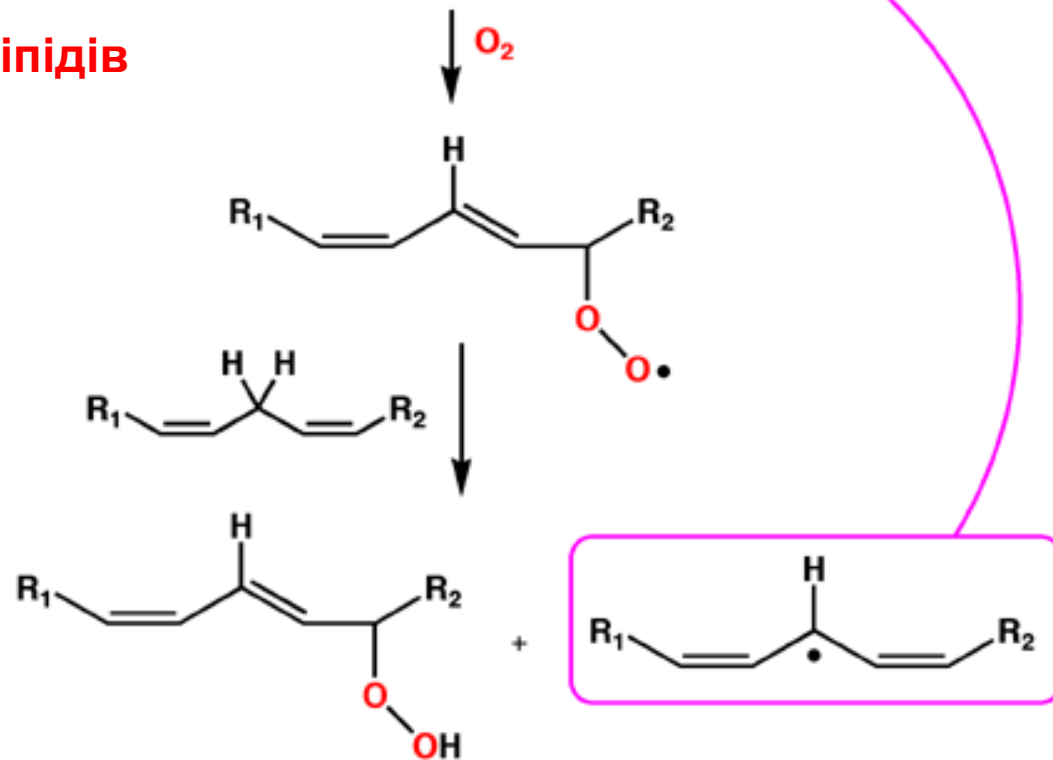
➤ механізм **окислення ліпідів**



Propagation:



➤ механізм **окислення ліпідів**





Injury
Ischemic Bowel
Endotoxin Liver

Gastrointestinal

Asthma
ARDS
Hyperoxia

Lung

Burn
Psoriasis
Dermatitis

Skin

Rheumatoid
Arthritis

Joint

Degenerative retinal
damage
Cataractogenesis

Eye

Renal graft
Glomeruloneph

Kidney

Vessel

Atherosclerosis
Vasospasm

Heart

Keshan disease
(selenium deficiency)
Angioplasty

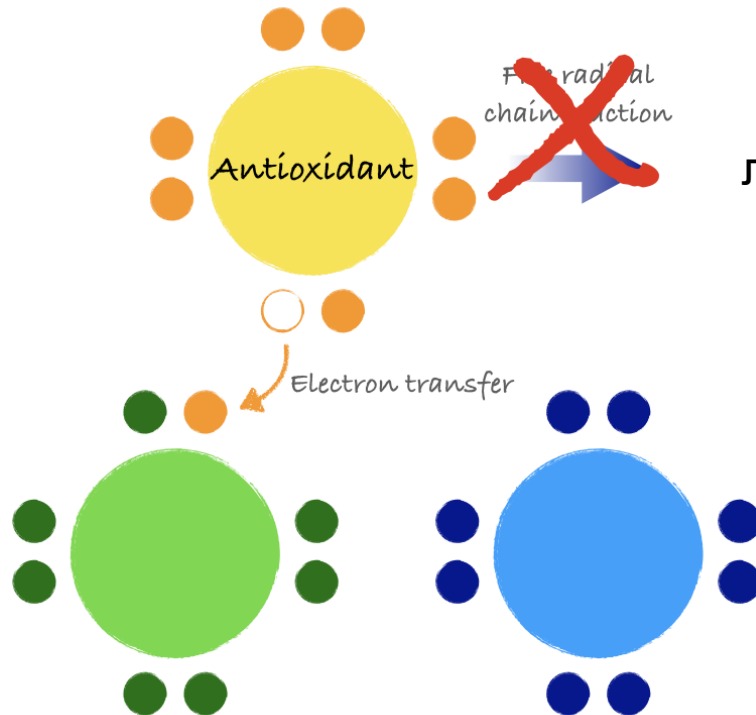
Brain

Alzheimer's Disease
Parkinson's Disease
Neurotoxins
Trauma
Stroke

Multi-organ

Inflammatory-immune
injury Ischemia-Reflow
Diabetes
Radiation
Aging
Cancer

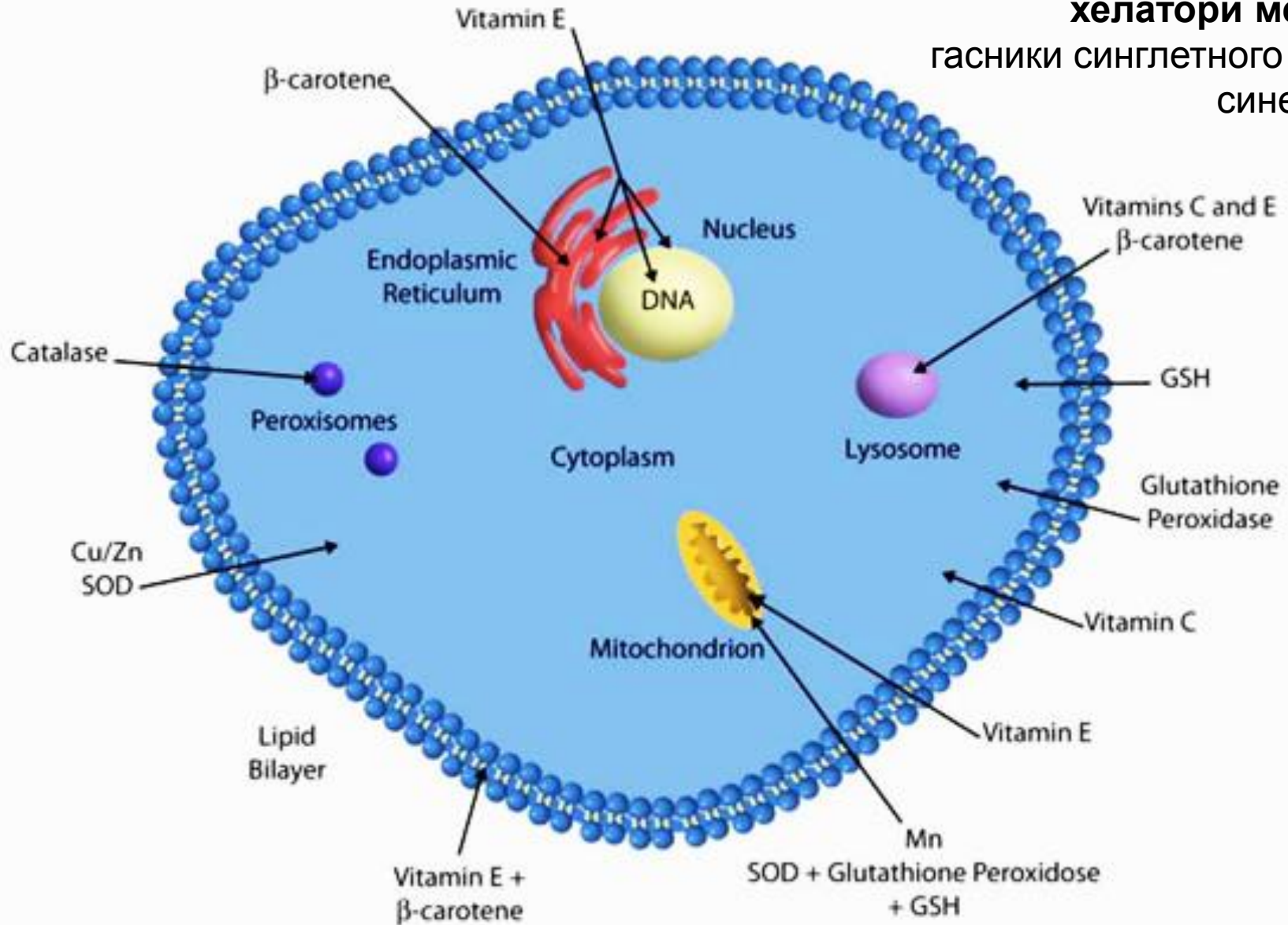
антиоксидант віддає свій електрон



ланцюгова реакція зупиняється

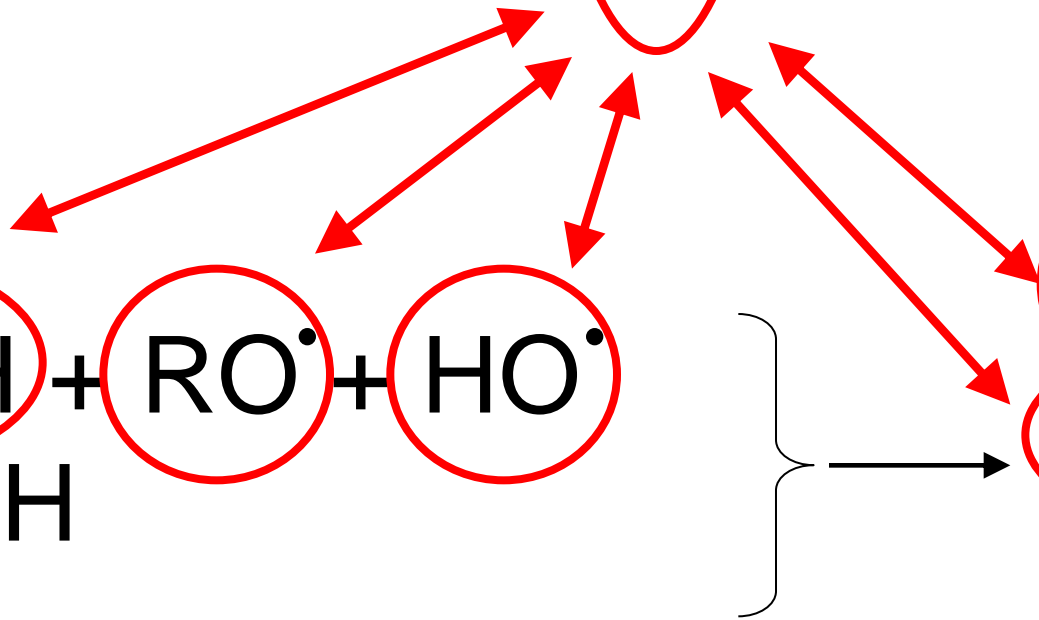
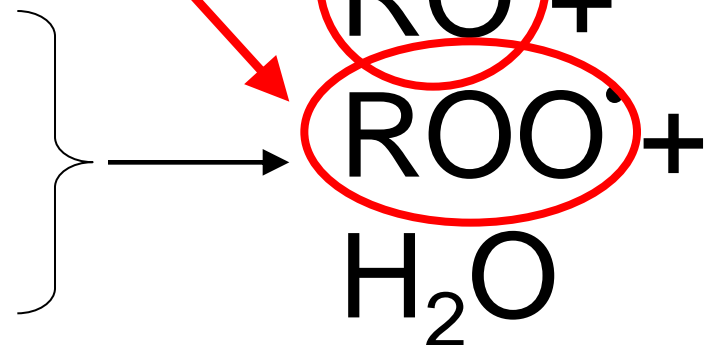
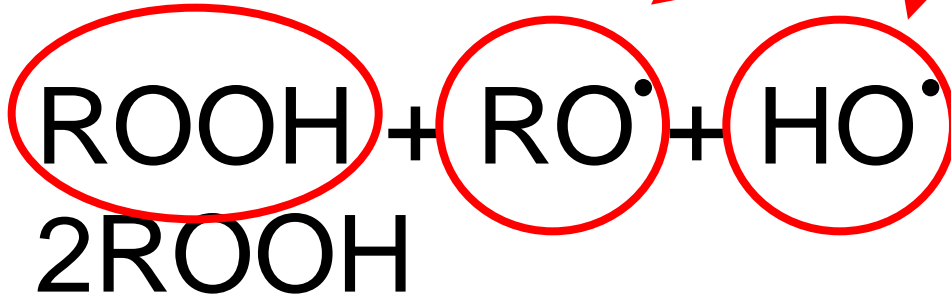
процес окислення гальмується

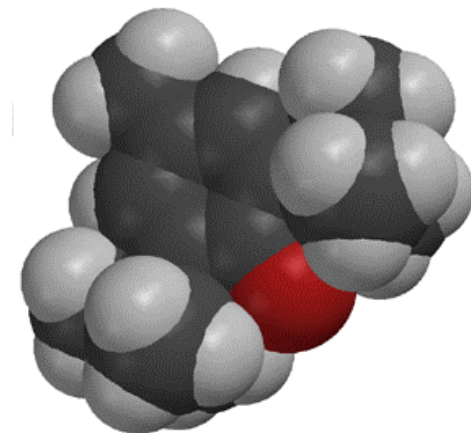
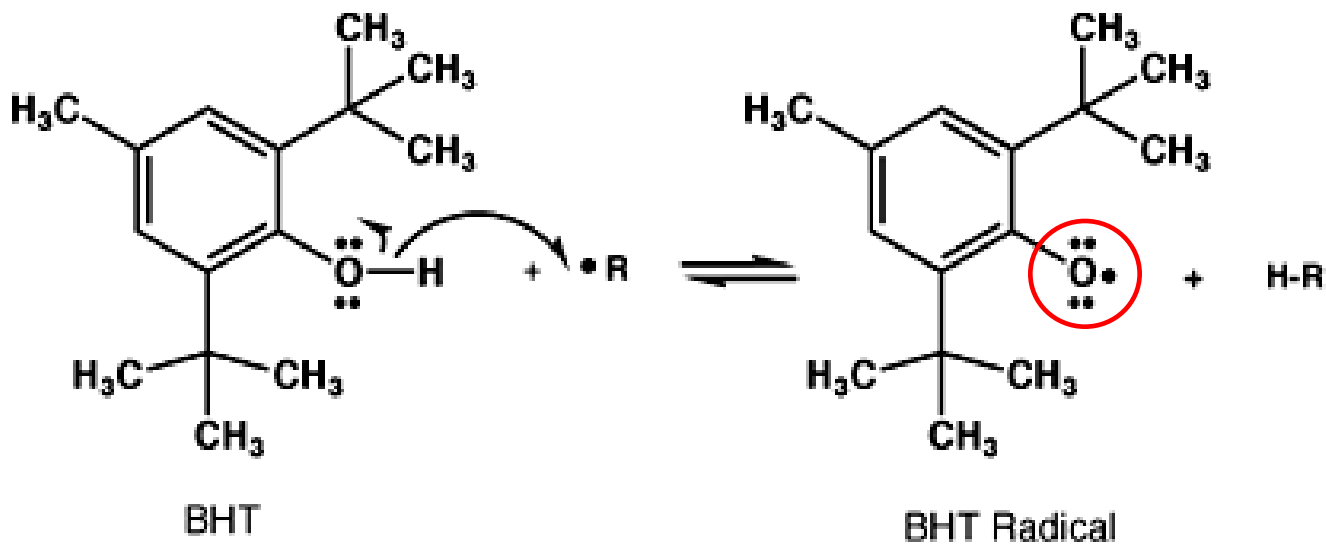
дезактиватори радикалів
дезактиватори гідропероксидів
хелатори металів
гасники синглетного кисню
синергісти



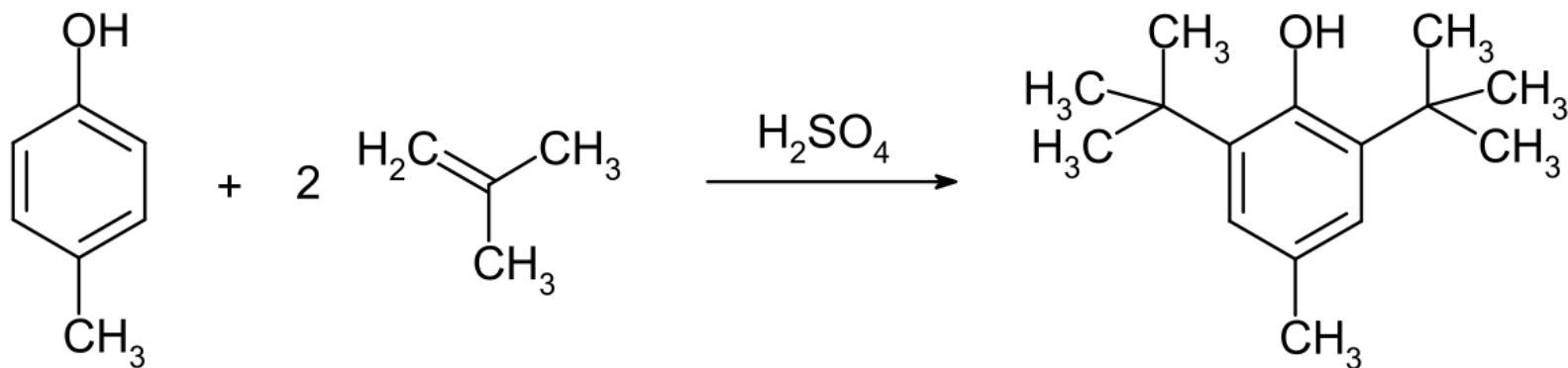
- блокують розклад пероксидів
- зв'язують радикали
- блокують каталізатори
- стабілізують гідропероксиди

антиоксидант





ButylHydroksyToluen, BHT



промислові антиоксиданти:

- E270 – молочна кислота
- E330 – лимонна кислота
- **E300 – аскорбінова кислота**
- **E301 – аскорбінат натрію**
- **E302 – аскорбінат кальцію**
- **E304 – ефіри аскорбінової к-ти**
- **E306 – суміш токоферолів**
- **E307 – альфа-токоферол**
- **E308 – гамма-токоферол**
- **E309 – дельта-токоферол**
- **E310 – пропіл галлат**
- **E311 – октил галлат**
- **E312 – додецил галлат**
- **E315 – ізоаскорбінова кислота**
- **E316 – ізоаскорбінат натрію**
- **E320 – бутилгідроксианізол (ВНА)**
- **E321 – бутилгідрокситолуол (ВНТ)**
- E335 – тартрат натрію
- E336 – тартрат калію
- E337 – тартрат натрію-калію
- **E385 – ЕДТА**
- **E160d - лікопен**



- генерична назва групи речовин подібної структури
- **активні антиоксиданти**

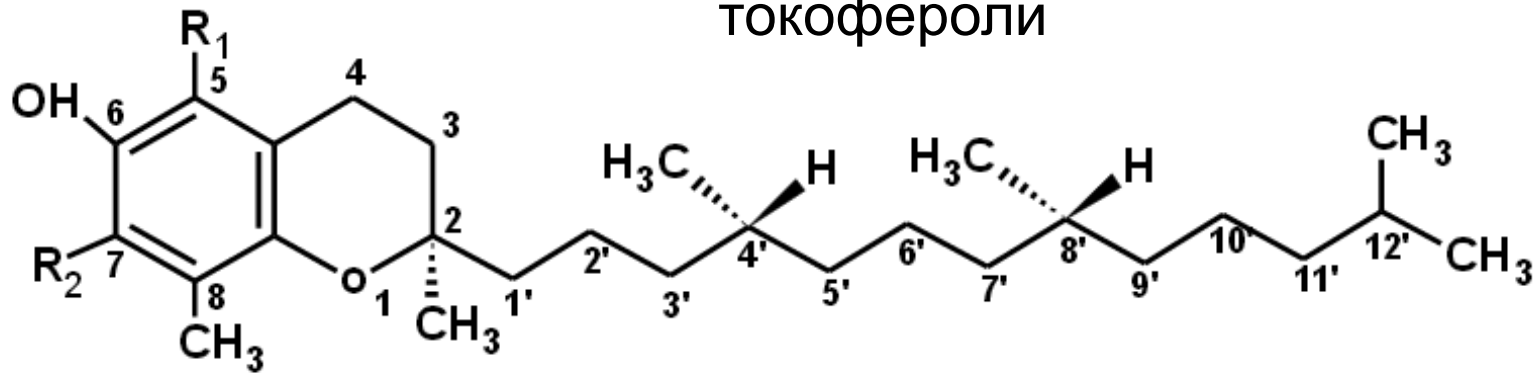
вітамін Е відкрили під час вивчення розмноження щурів

ТОКОФЕРОЛ = 'thokos' - потомство і 'phero' – родити

хім: токохроманоли

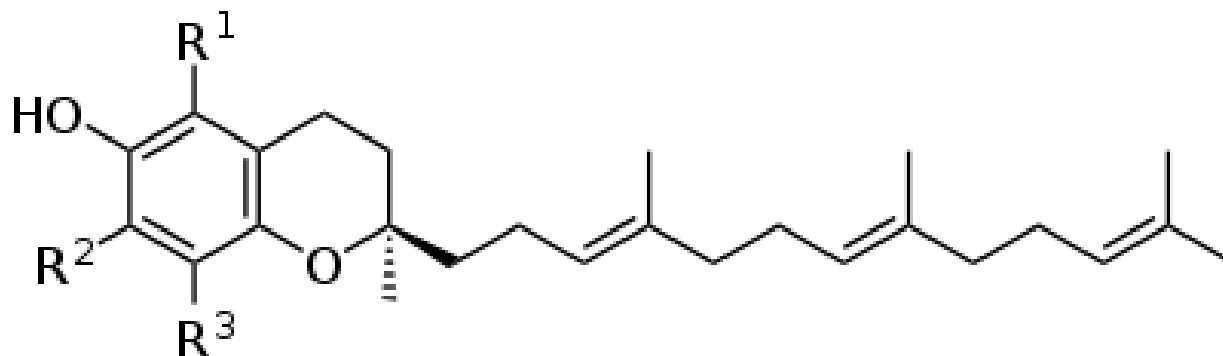
- містяться в коренях, стеблах і листях рослин
- **захищають апарат фотосинтезу** від оксидативного стресу під час надмірного опромінення UV-B
- **захищають насіння** (поліненасичені жирні кислоти) **від окислення** під час зберігання і проростання

токофероли



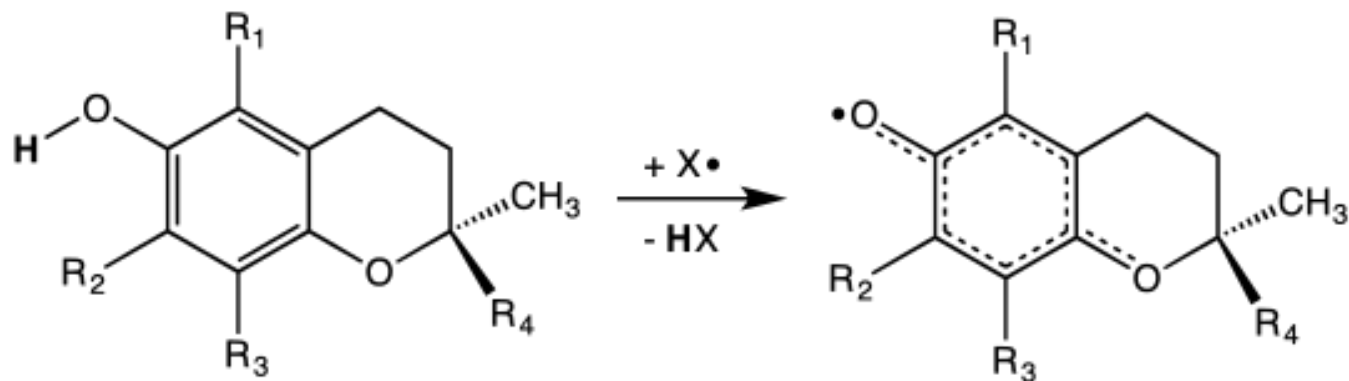
конденсовані цикли (бензольний + тетрагідропірановий) + ланцюг C16

- тільки в рослинах і фотосинтезуючих мікроорганізмах
- олійсті рідини, колір від жовтого до коричневого
- стабільні в умовах без кисню



- 2' вуглець хроманолу = хіральний
- натуральні тільки правообертаючі, префікс "d-"
- синтетичні містять також l-токотрієноли (лівообертаючі)
- **синтетична суміш "dl-токотрієнол"** = харчова добавка

➤ фенольна група → антиоксидаційні властивості токоферолу

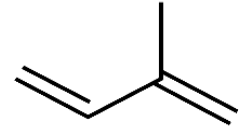


каротеноїди

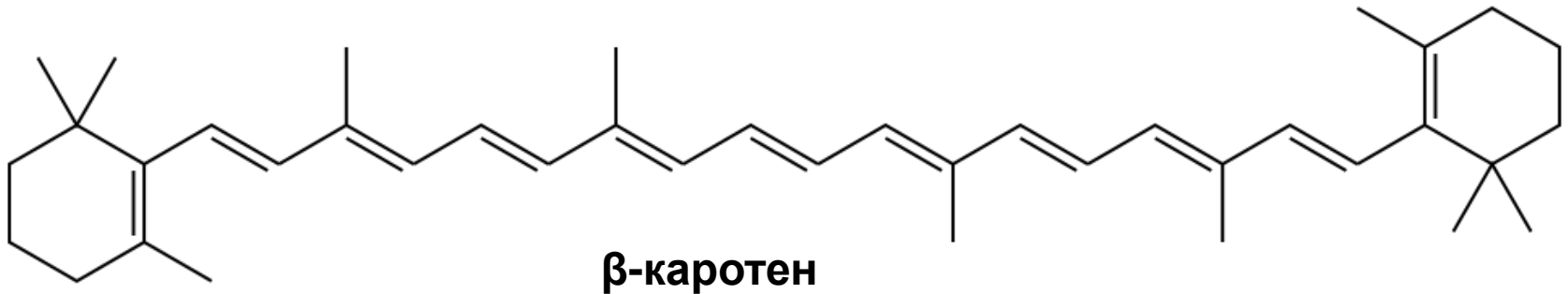


каротеноїди

- **вуглеводні** $C_{40}H_{56}$
- 11 спряжених подвійних зв'язків
- 8 мерів ізопрену
- мери ізопрену симетрично відносно центру
- **участь у фотосинтезі рослин**
- жовтий, помаранчевий і червоний колір фруктів, овочів, квітів

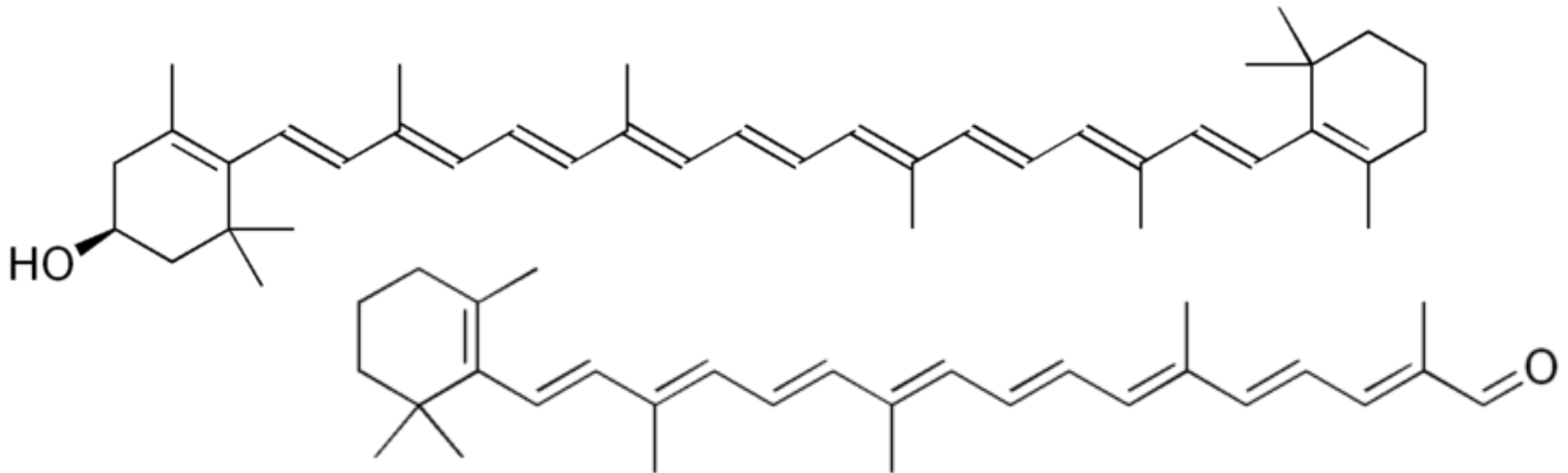


ізопрен



каротеноїди

ксантофіли: кисневі похідні каротенів



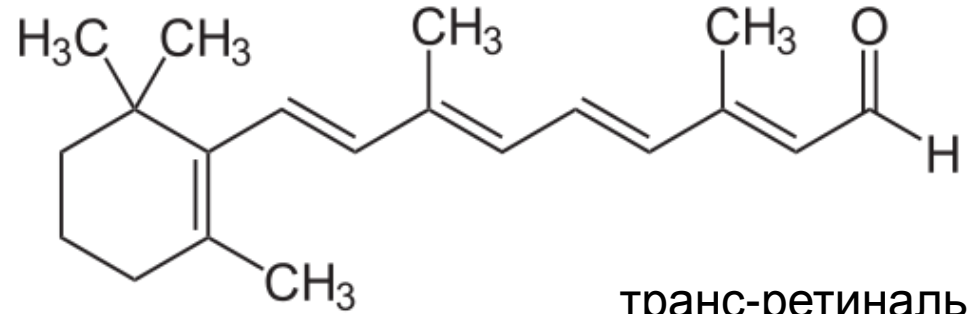
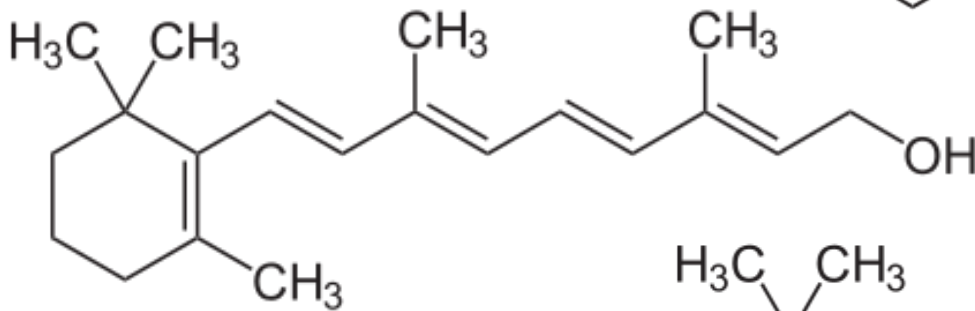
містять гідроксильні, карбонільні і епоксидні групи

каротеноїди

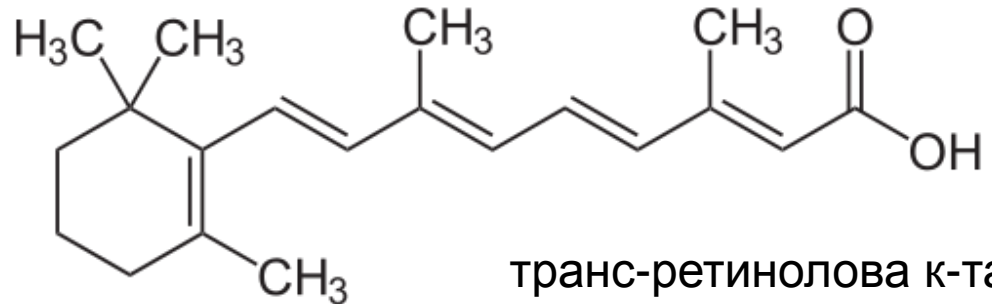
апокаротеноїди

(продукти окислення):

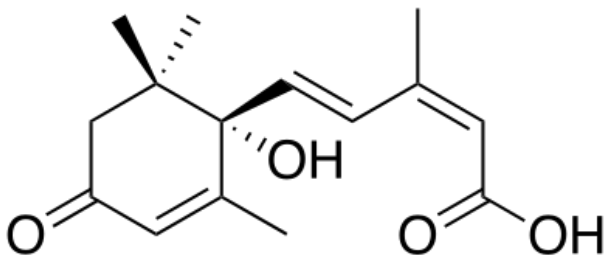
транс-ретинол



транс-ретиналь

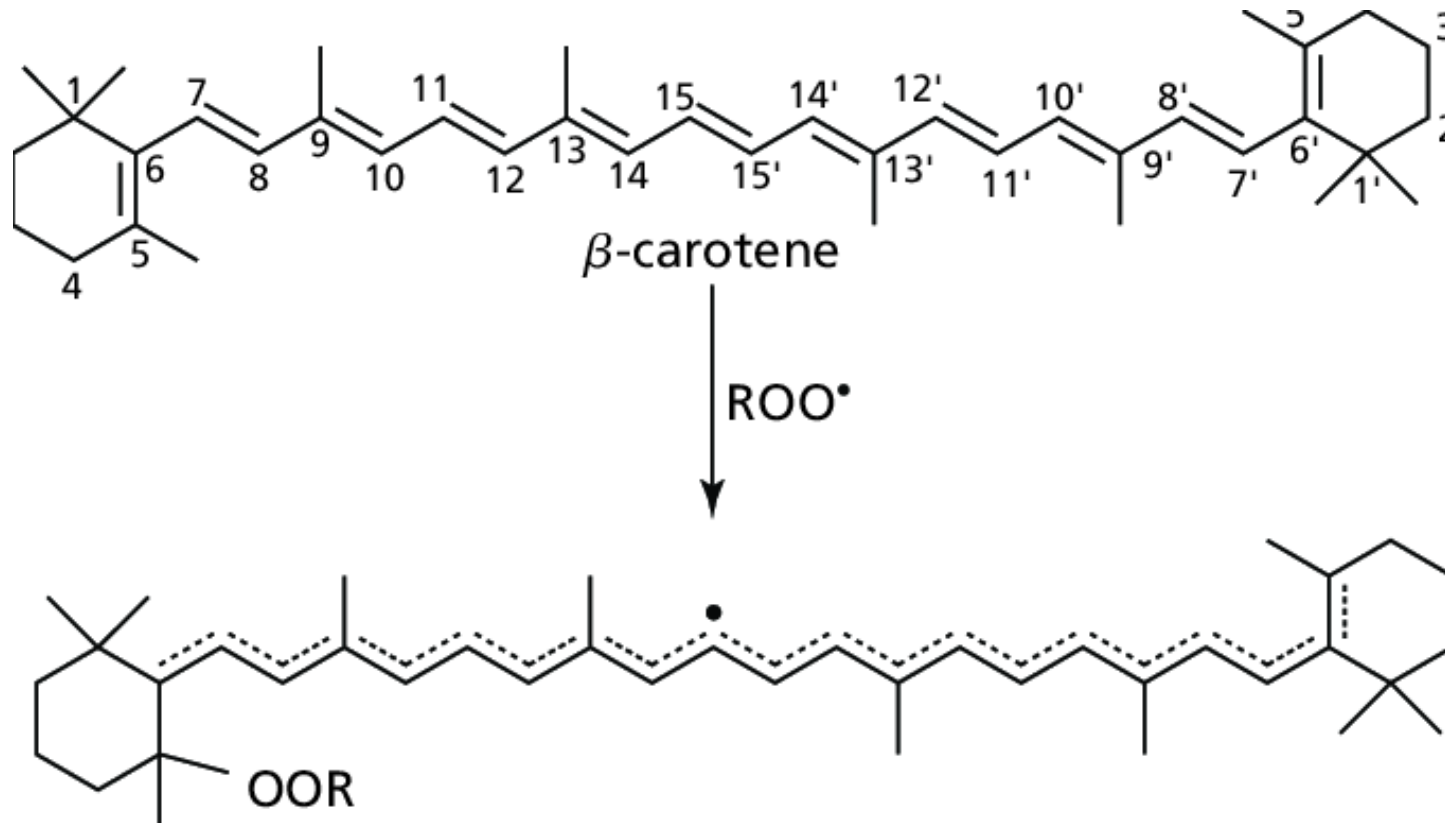


транс-ретинолова к-та



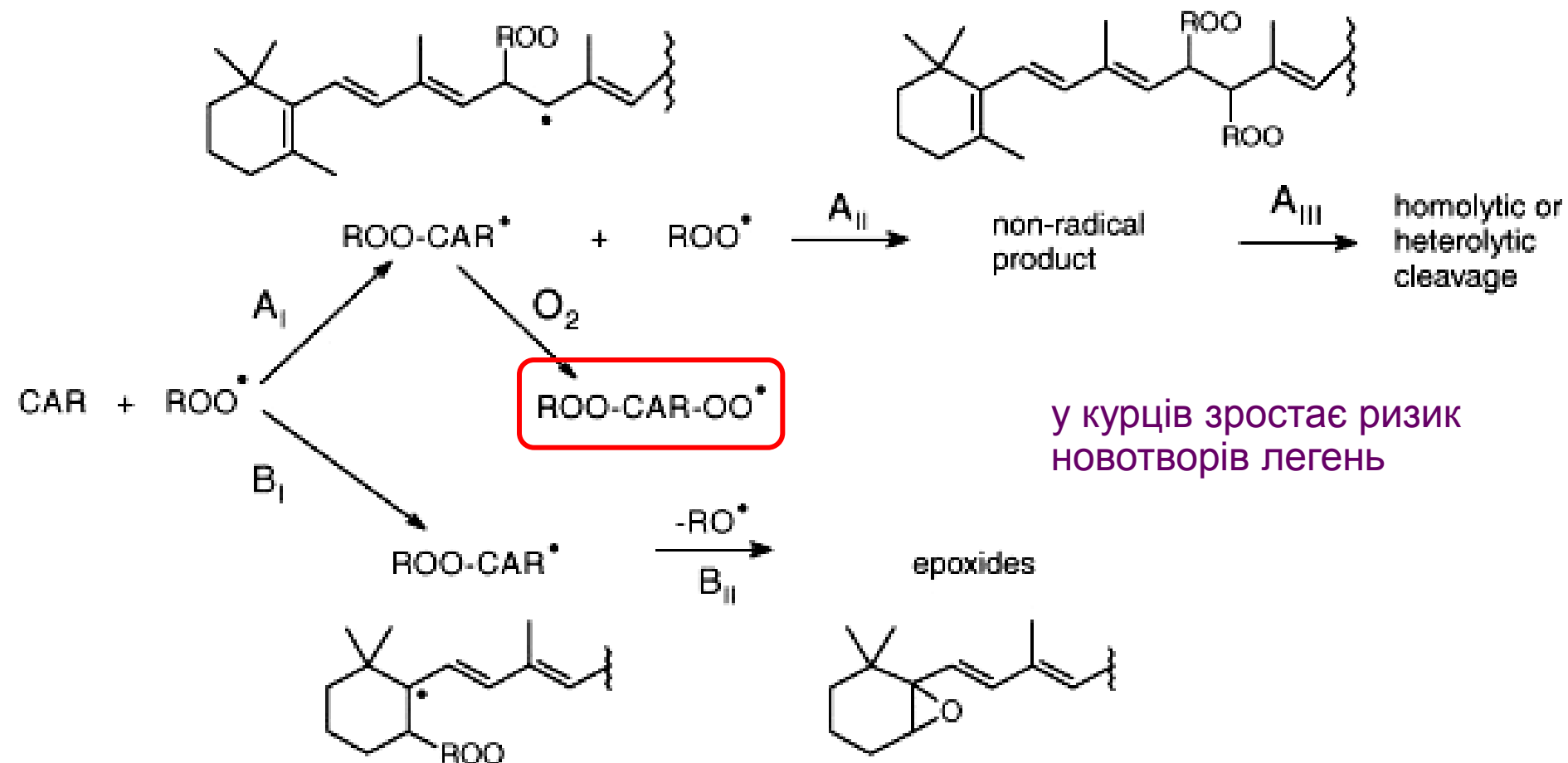
абсцисова к-та

β-каротен: механізм дезактивації радикалів

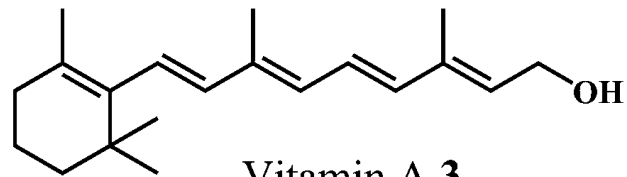


- ✓ покращує **імунітет**
- ✓ покращує **зір**, особливо в сутінках
- ✓ захищає від **інфекцій**
- ✓ зменшує кількість мутованих клітин
- ✓ зменшує концентрацію холестерину
- ✓ **гальмує старіння**

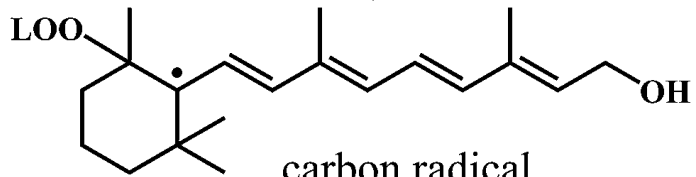
➤ надмірна кількість β-каротену (таблетки) = прооксидант



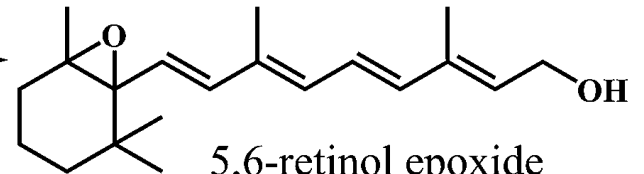
β -каротен = провітамін А



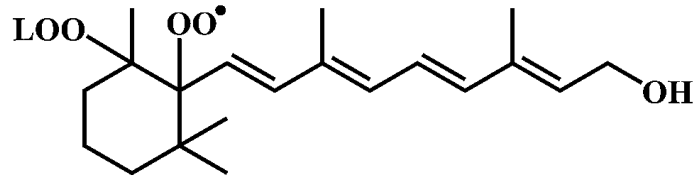
Vitamin A 3



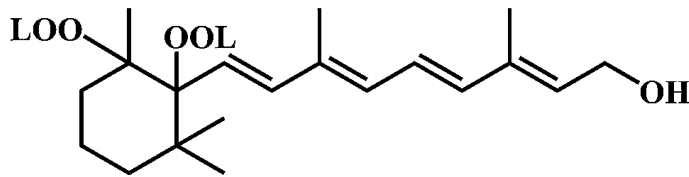
carbon radical



5,6-retinol epoxide

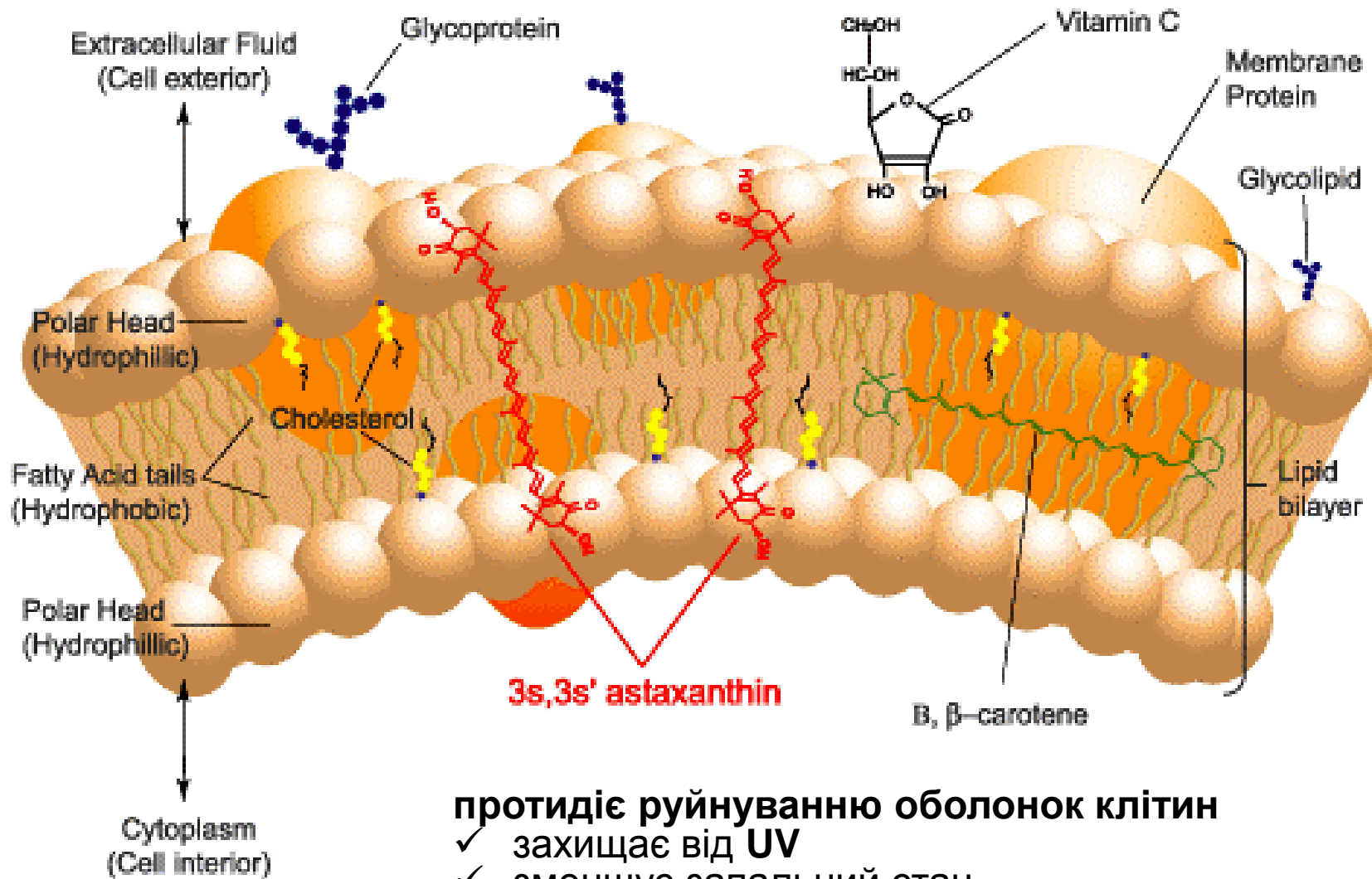


retinol derived peroxy radical



bis-peroxy adduct

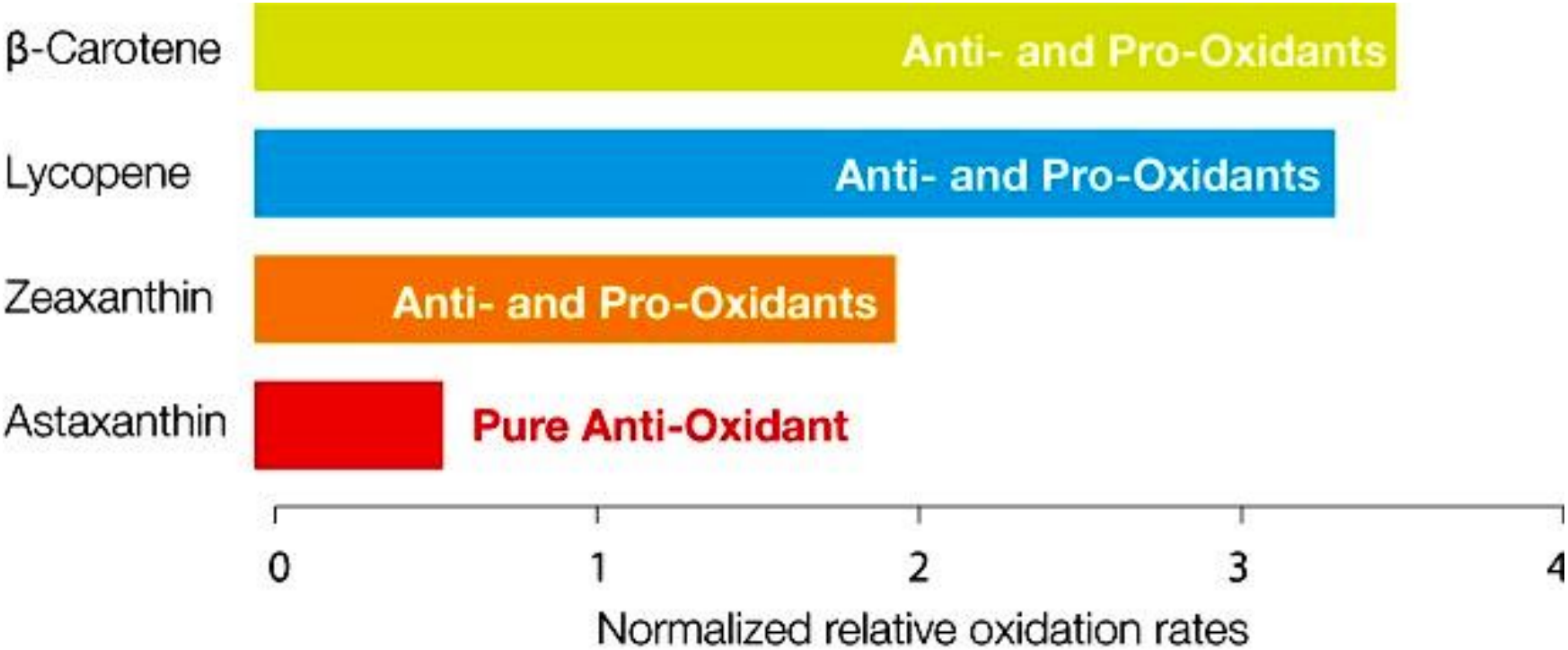




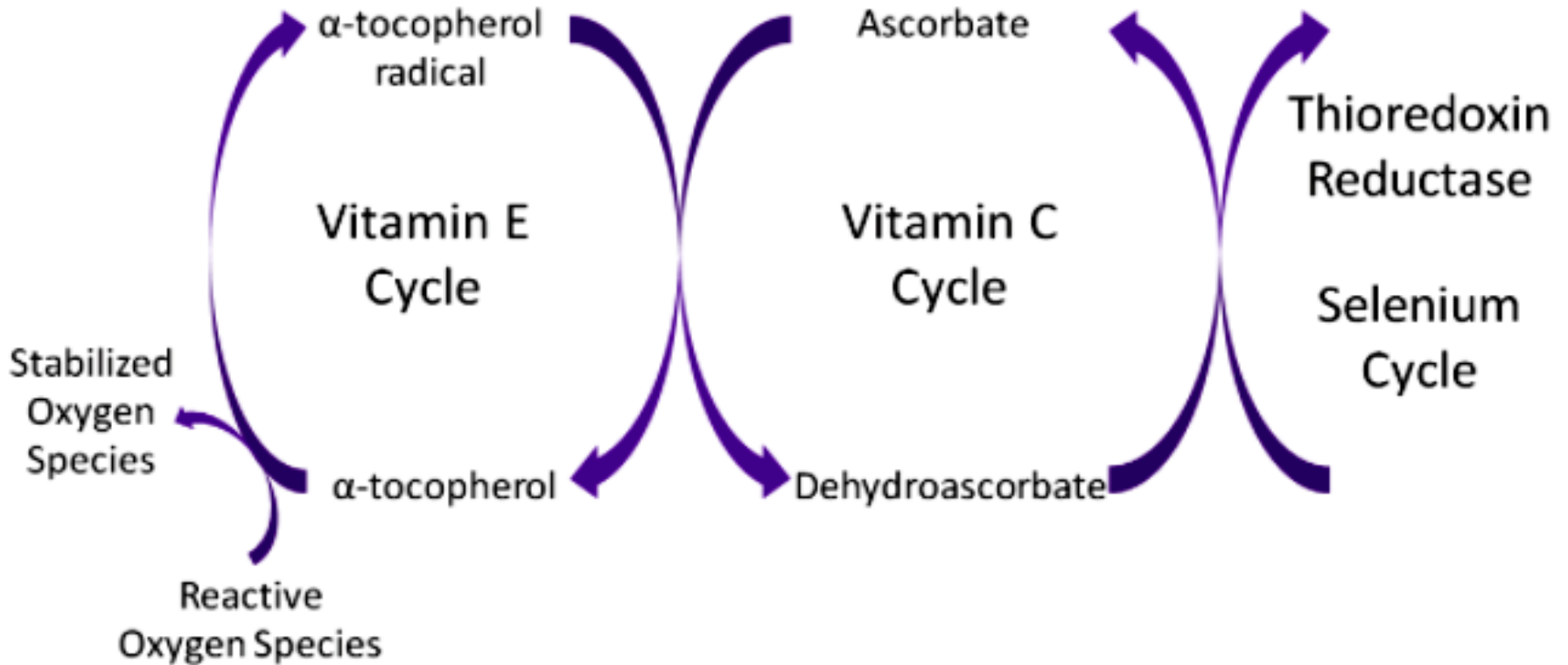
протидіє руйнуванню оболонок клітин

- ✓ захищає від **UV**
- ✓ зменшує запальний стан
- ✓ покращує роботу і регенерацію м'язів
- ✓ протидіє новоутворенням
- ✓ захищає печінку, серце, очі, суглави, простату
- ✓ зменшує руйнування ДНК

антиоксидаційна активність каротеноїдів



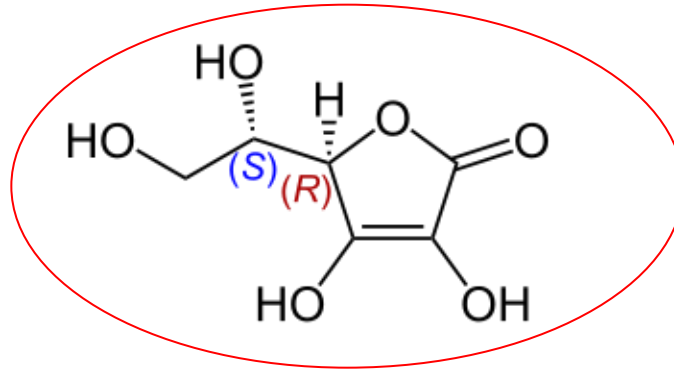
окислені токофероли і каротеноїди відновлюються аскорбіною к-тою



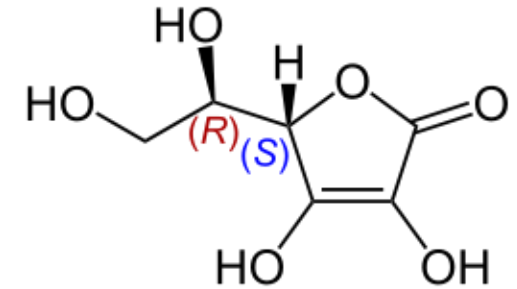
аскорбінова кислота

- γ -лактон ендіолу 2-оксо-L-гулонової кислоти
- два асиметричні атоми вуглецю → чотири стереоізомери

(1a) **L-аскорбінова**
(1b) D-аскорбінова

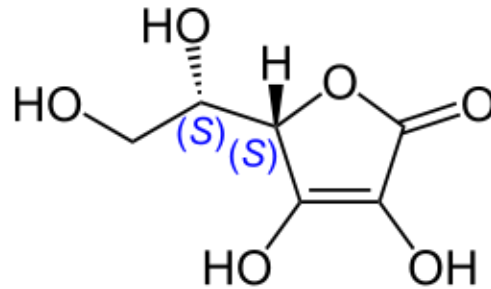


1a

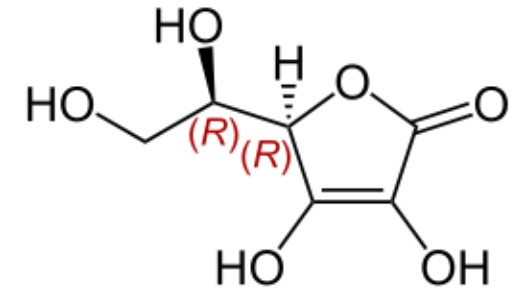


1b

(2a) L-ізоаскорбінова
(2b) D-ізоаскорбінова



2a

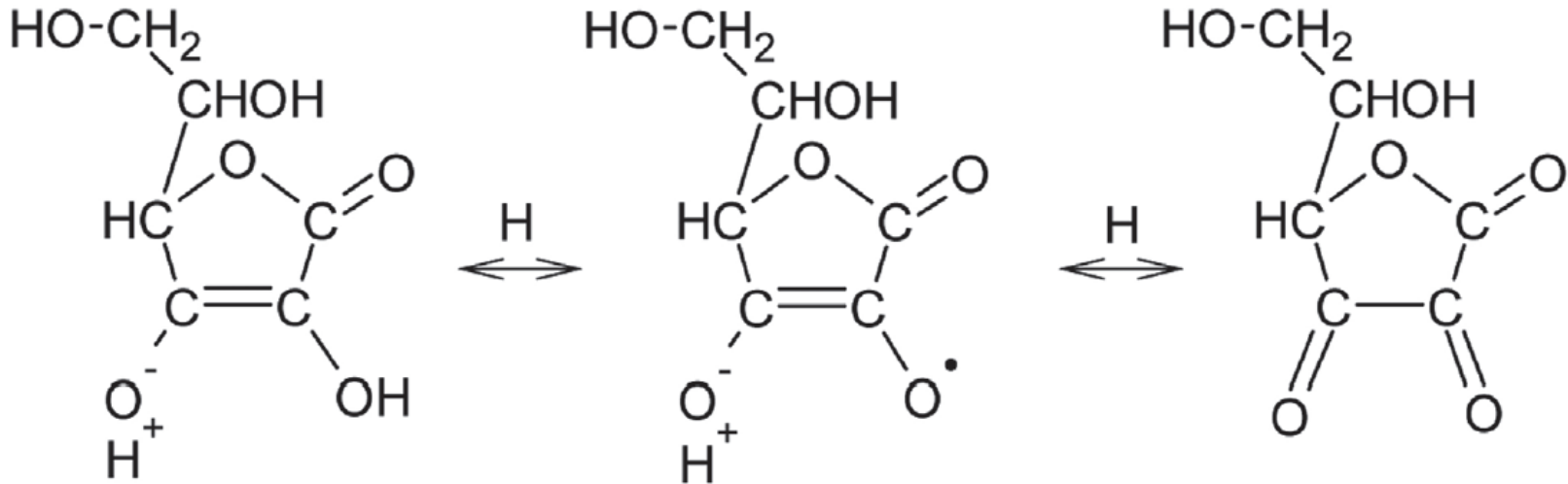


2b

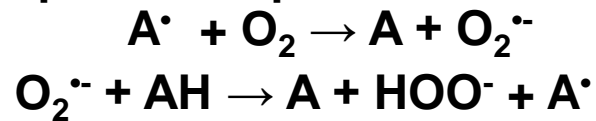
- в сухому стані стабільна
- в розчині швидко окислюється
- швидкість залежить від температури, концентрації кисню і важких іонів

механізм дезактивації радикалів

аскорбінова к-та $\text{АН} \leftrightarrow \text{A}^\bullet \leftrightarrow \text{A}$ дегідроаскорбінова к-та



при великій концентрації аскорбінової к-ти можуть утв. нові радикали

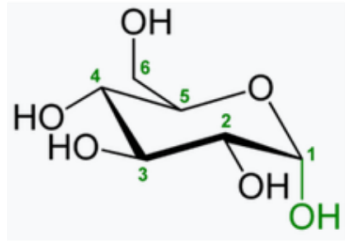


біологічні функції аскорбінової кислоти:

- ✓ **зміцнює імунітет**
- ✓ **допомагає в поглинанні Ca і негемового Fe**
- ✓ **детоксикант**

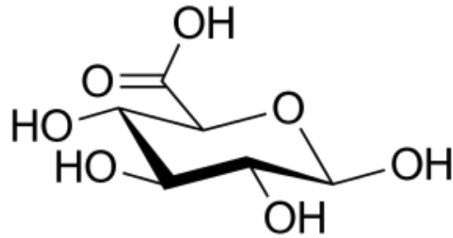
кофактор в біосинтезі

- колагену
- норадреналіну
- жовчних кислот
- карнітину
- рослинних гормонів



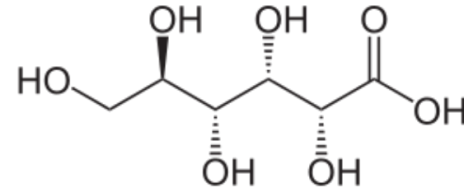
D-Glucose

→
*several
steps*



D-Glucuronate

→ **L-Gluconate**

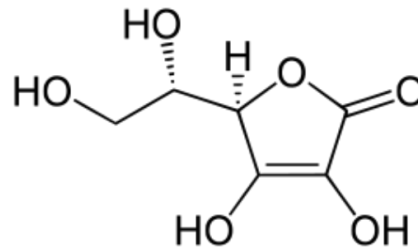


L-Gulonolactone

*oxidation by enzyme
L-gulonolactone oxidase*

2-Keto-Gulonolactone

*spontaneous
conversion*



Ascorbic Acid

**біосинтез аскорбінової к-ти
субстрат = D-глюкоза**

організму приматів не синтезують
тому треба постачати

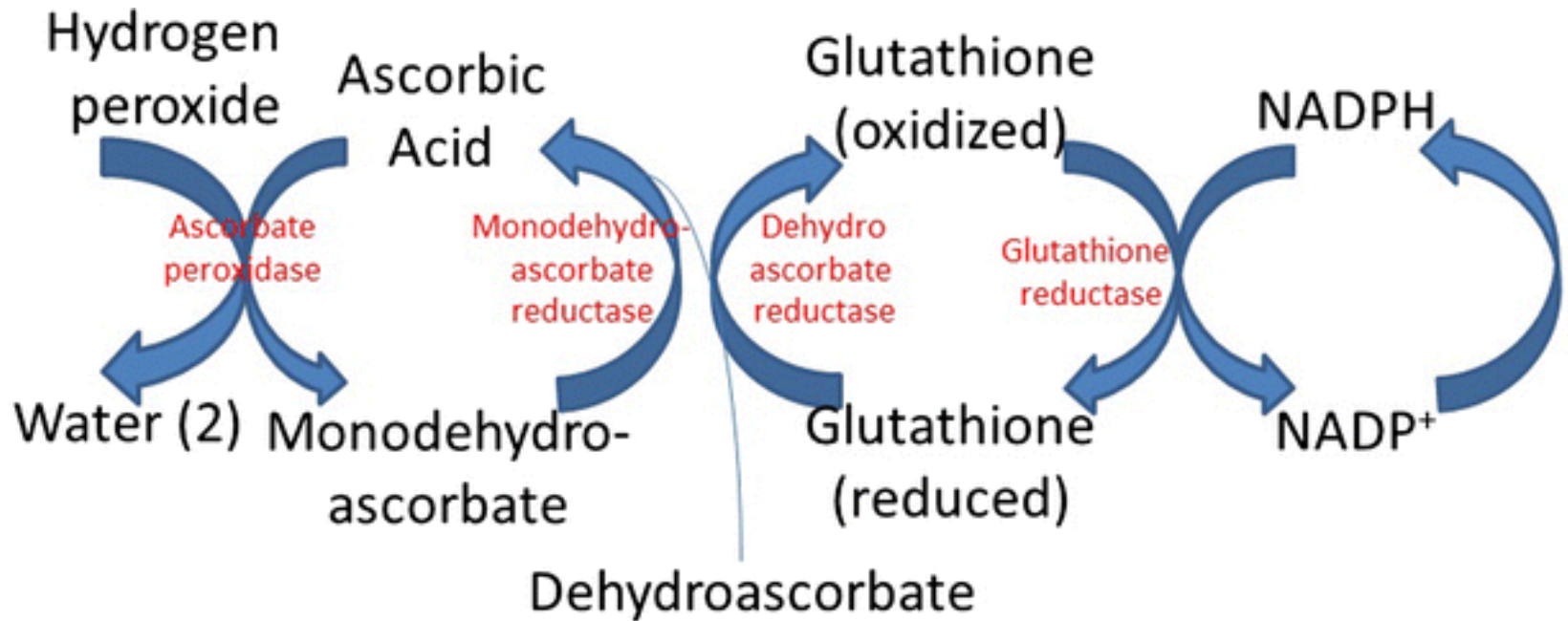


вміст аскорбінової кислоти
мг/100г

лимон	50-60	цибуля	6-19
апельсин	50-60	капуста	19-54
грейпфрут	30	помідор	7-25
цвітна капуста	17-81	морква	1-34
брюссельська капуста	76-192	картопля	8-36
петрушка	29-100	редиска	21-25
чорна порічка	200	буряк червоний	10
червоний перець	62-151	червона капуста	37-52
зелений перець	62-175	шпинат	8-62
жовтий перець	90-110	огірок	8-10
брокколи	40-140	салат	2

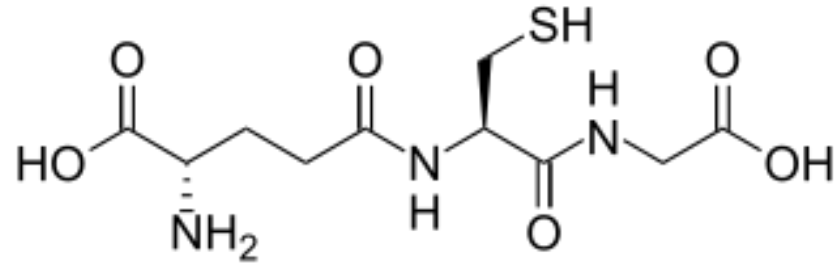
глутатіон

цикл знешкодження H_2O_2 і відновлення аскорбінової к-ти



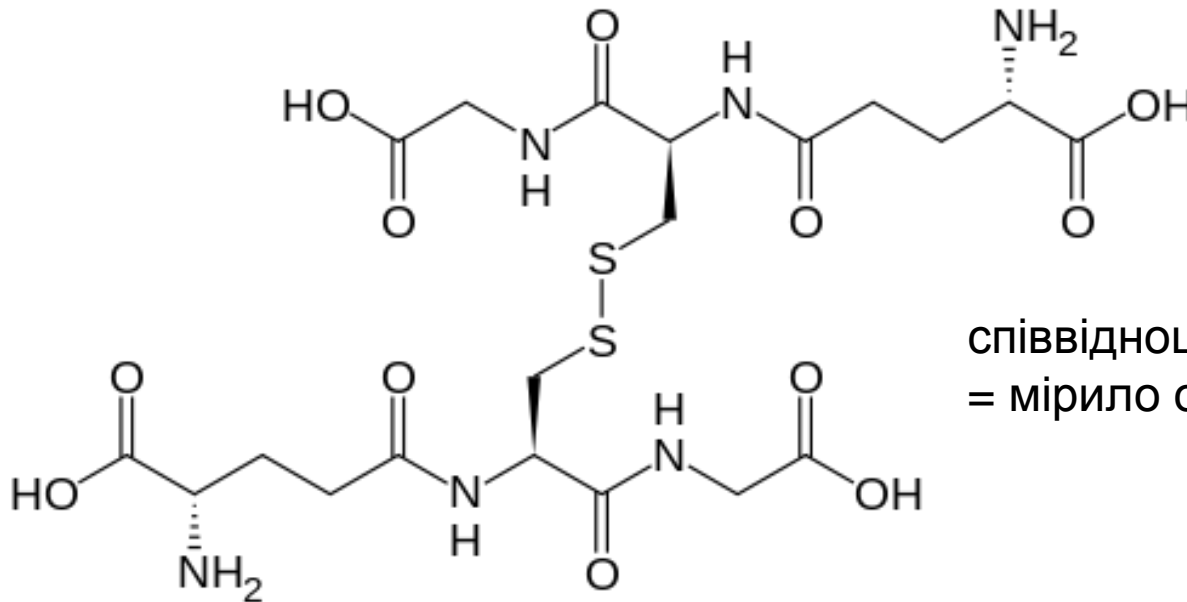
глутатіон

трипептид (Glu-Cys-Gly)



✓ антиоксидант, відновник

продукт окислення – дисульфід



співвідношення GSH/GSSG
= мірило оксидативного стресу

джерела глутатіону = овочі які містять сульфіди:

- ✓ часник
- ✓ цибуля
- ✓ петрушка
- ✓ всі капустяні
- ✓ авокадо
- ✓ шпараги
- ✓ помідор
- ✓ червоний буряк

допомагають біосинтезу глутатіону:

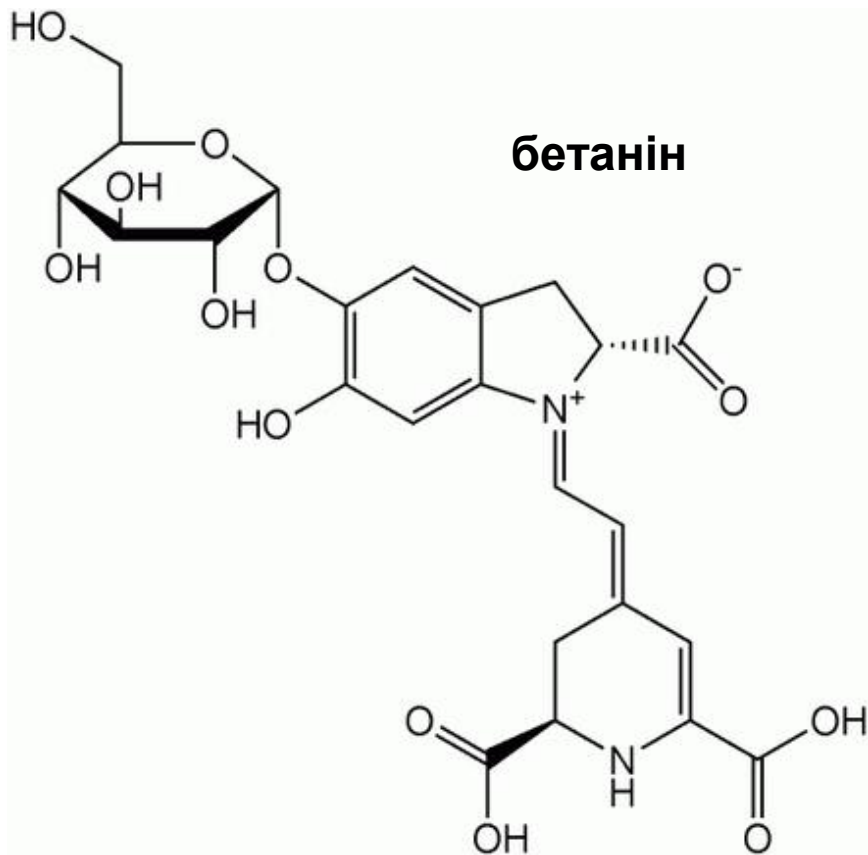
- ✓ сироватка
- ✓ яйця
- ✓ парне молоко
- ✓ яловичина
- ✓ куркума

- варіння ↓ 30-60%
- консервування → 0



беталаїни

- барвники в рослинах родини гвоздики і вищих грибах
- ✓ **нейтралізують вільні радикали**



(beta = буряк)

