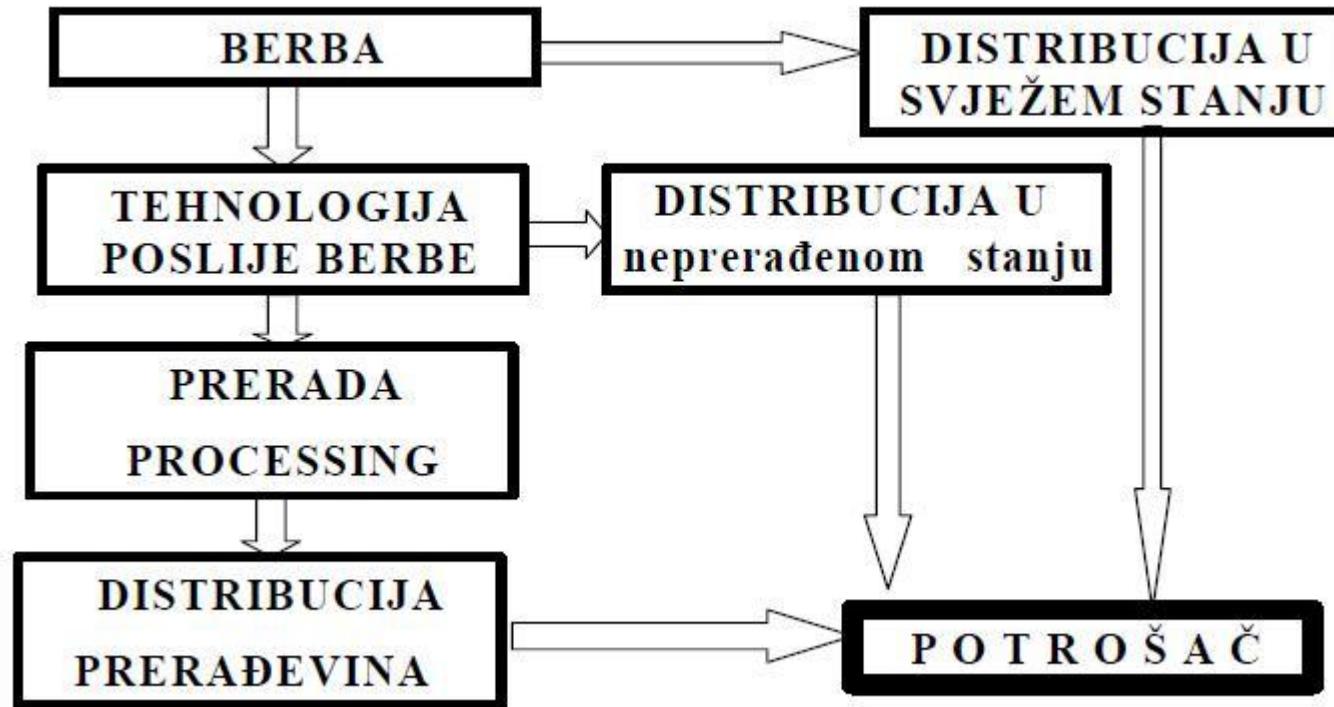


Prooksidativni procesi u hrani

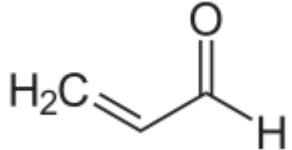
- Užegnuće masti i ulja; Lipidna peroksidacija;
antioksidansi
 - potamnjenje hrane

Lanac proizvodnje hrane

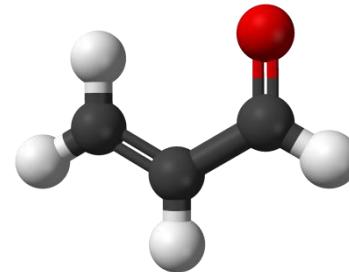
Agronomija-Agroindustrijsko inženjerstvo-Tehnologija



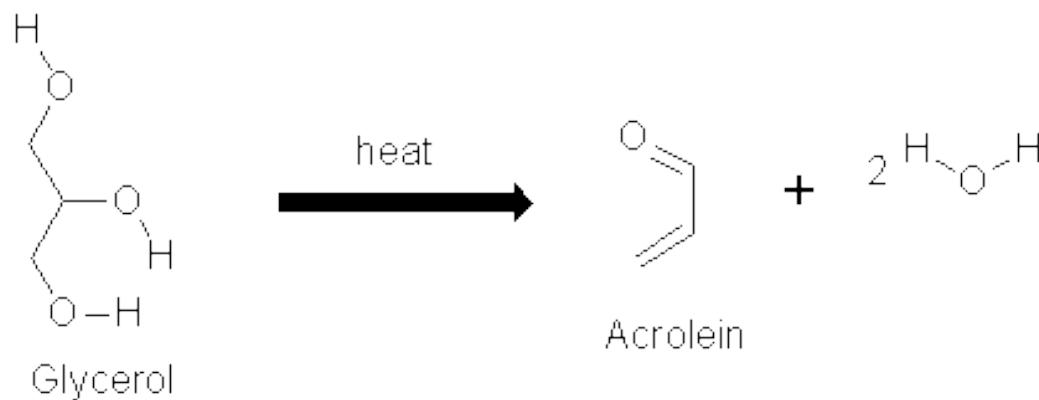
- U čitavom toku proizvodnog lanca dešavaju se hemijske transformacije u hrani, a takođe se koriste hemijske supstance
- Od pesticida i veštačkih đubriva do aditiva u hrani



Akrolein

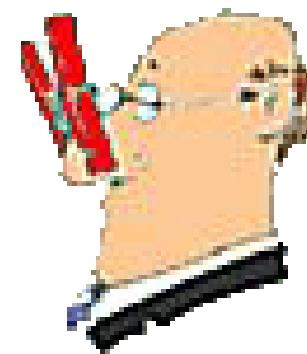


- **Akrolein (propenal)** je najjednostavniji nezasićeni aldehid. On je bezbojna tečnost sa prodornim, neprijatanim, oštarim mirisom. Miris goruće masti (kao kad se ulje za kuhanje zagreje dok ne počne da se dimi) je uzrokovano razlaganjem glicerola goruće masti u akrolein. Veoma je toksičan za čoveka, a ima i herbicidno dejstvo.

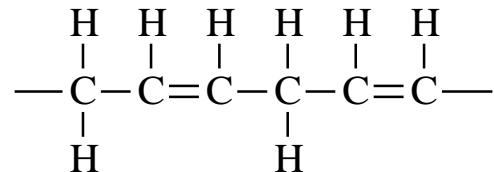


UŽEGNUĆE MASTI I ULJA

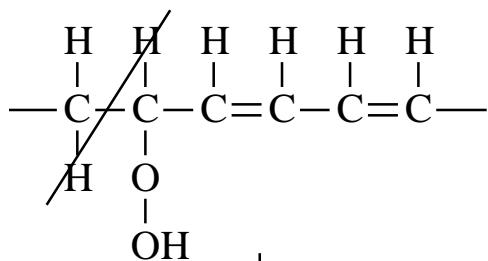
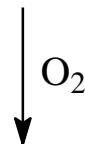
- Nastaje usled prisutva nezasićenih masnih kiselina,
- pri dužem stajanju na vazduhu dolazi do oksidacije
- nastaju složene smeše raznih isparljivih aldehida, ketona i nižih masnih kiselina
- masti i ulja poprimaju neprijatan miris
- uzročnici ovog nepoželjnog procesa mogu biti mikroorganizmi
- antioksidanti



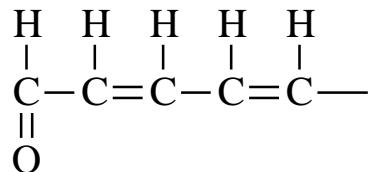
UŽEGNUĆE MASTI I ULJA



Polinezasicene
masne kiseline

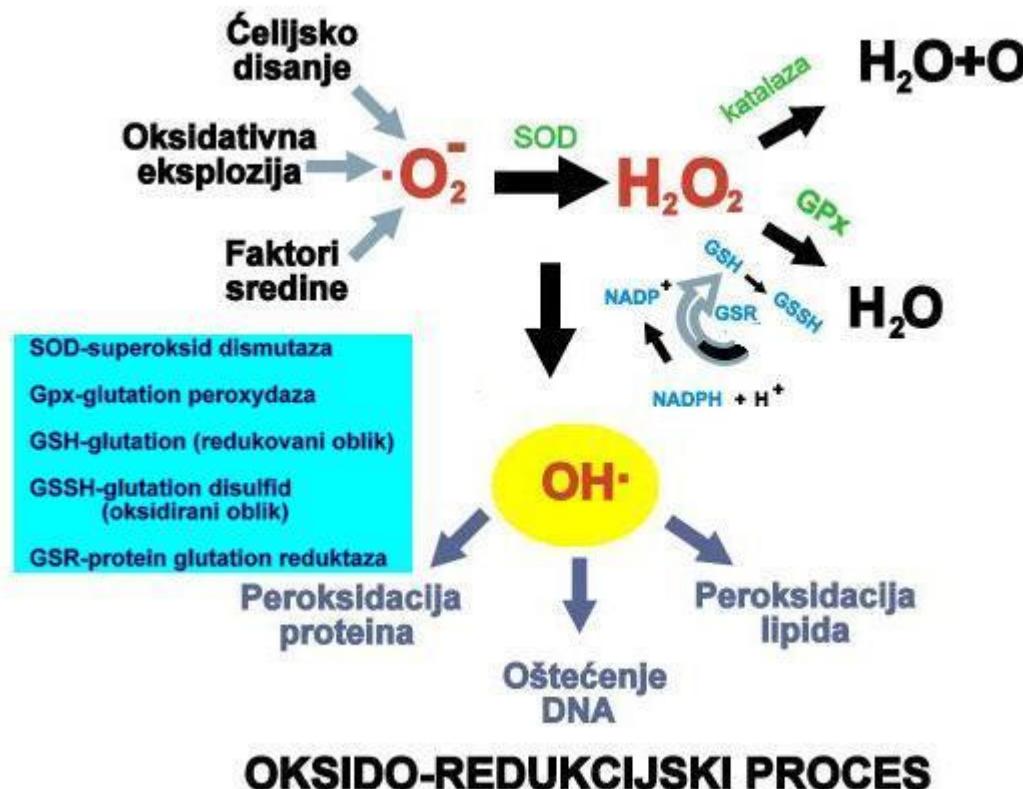


Peroksidi
bez mirisa
veoma reaktivni



Aldehidi
Izrazit miris
veoma reaktivni

Reaktivni oblici kiseonika i oksidativni stres



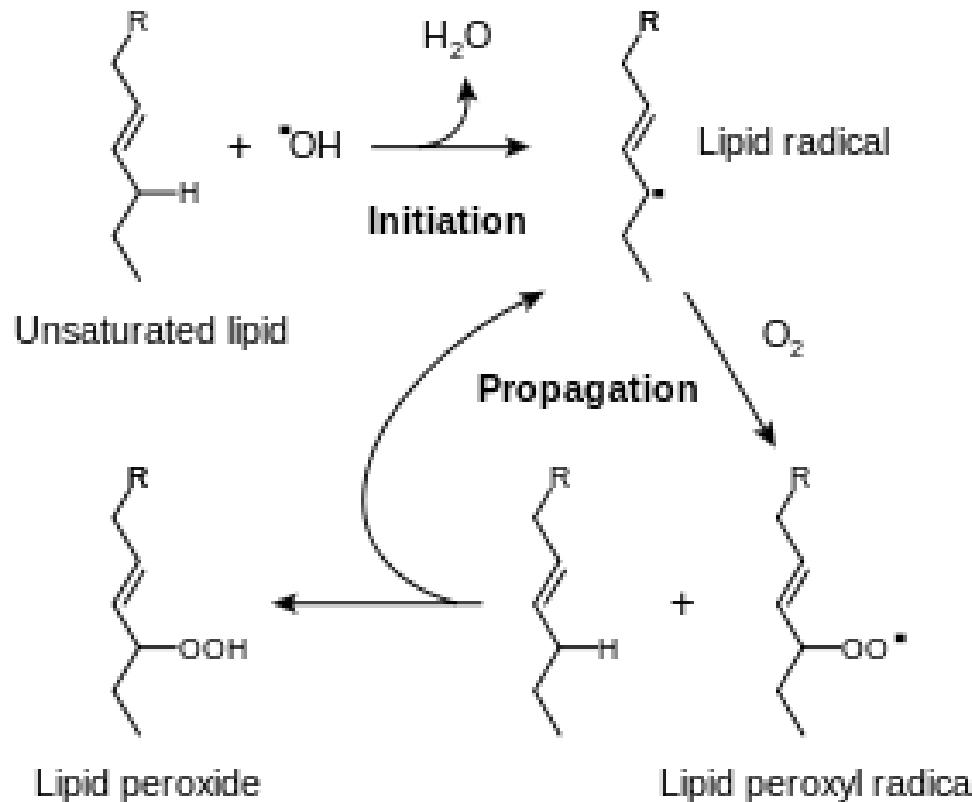
OKSIDO-REDUKCIJSKI PROCES



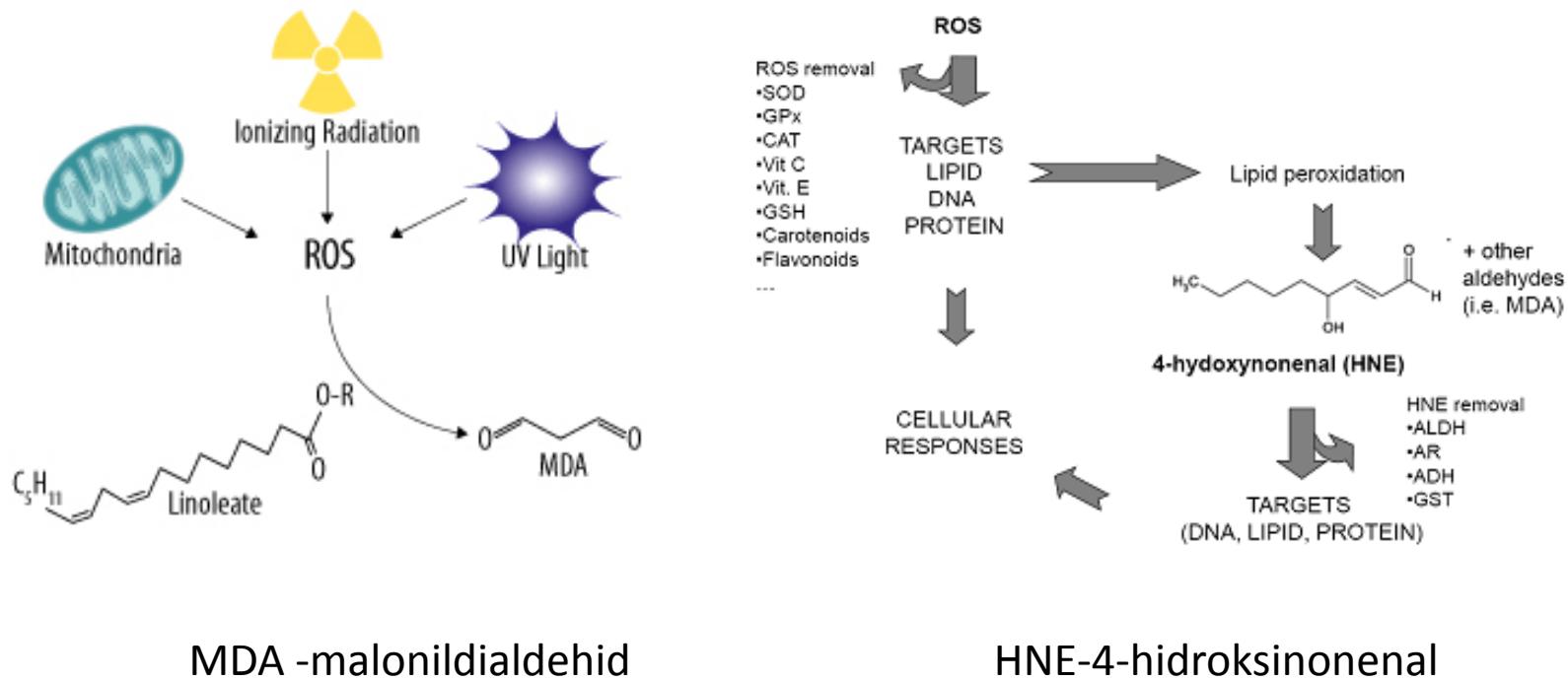
Equation 1

Šema lančanog mehanizma lipidne peroksidacije (LP)

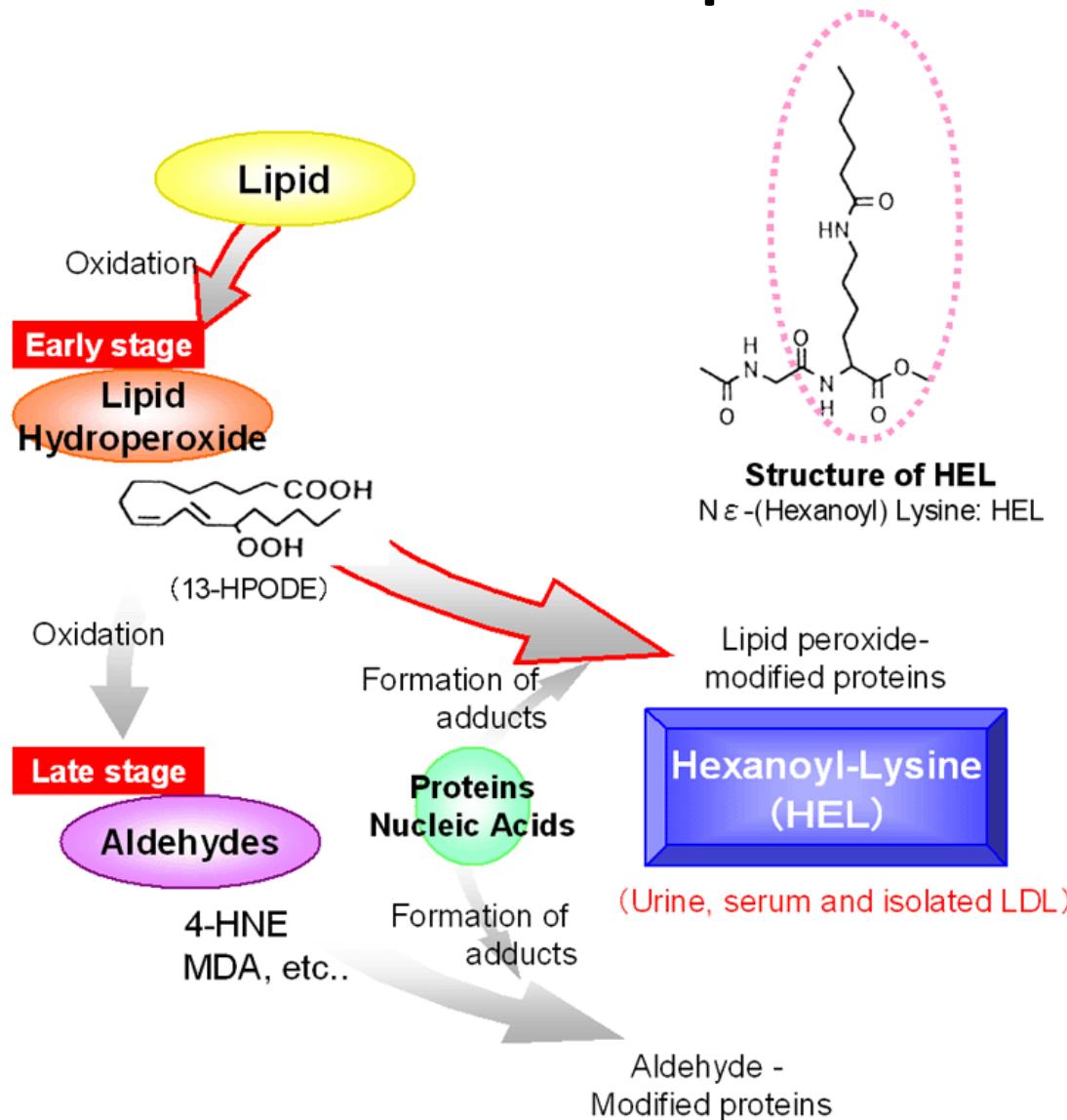
- Lipidna peroksidacija je lančana reakcija koja je inicirana delovanjem reaktivnih oblika kiseonika. Usled ove reakcije nastaju lipidni peroksidi, a njihovom daljom razgradnjom nastaju toksični aldehidi manje molekulske mase od kojih je najpoznatiji malonil-dialdehid (MDA).



Proizvodi LP



Citotoksični efekat proizvoda LP

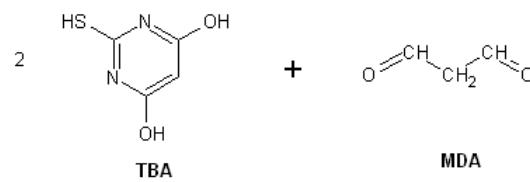


Merenje LP

- **Peroksidni broj**

označava nivo primarne oksidacije masnih kiselina i on pokazuje količinu hidroperoksida kao primarnih proizvoda autooksidacije i izražava se u količinom O₂/kg. Peroxidni broj je u uskoj vezi s načinom čuvanja ulja. Oksidacija masti je jedna od osnovnih reakcija koja utječe na zdravstvenu ispravnost triacilglicerola jer su produkti reakcije oksidacije štetni po zdravlje ljudi.

- **TBA-test**
- **Količina MDA**



Prirodni antioksidansi

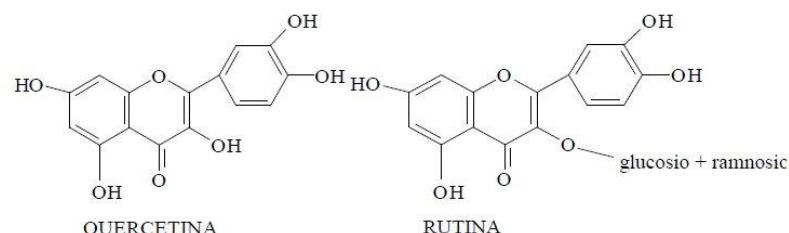
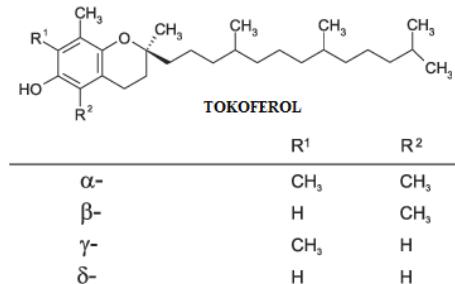
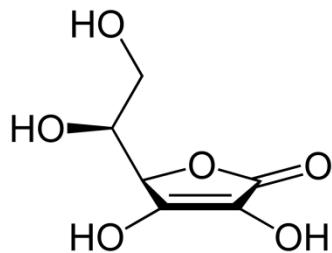
Enzimi i neenzimski antioksidanti

- Enzimi:
- Superoksid-dismutaza (SOD), razgradjuje superoksid radikal ($O_2^{\cdot-}$)
 - Peroksidaze (Px)- razgradjuje H_2O_2
 - Katalaza (CAT)- razgradjuje H_2O_2

Neenzimski antioksidanti:

- vitamin C i E
- karotenoidi
- biljni polifenoli

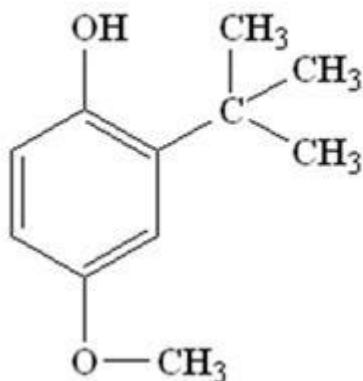
* predstavljaju hvatače (skevindžere) slobodnih radikala



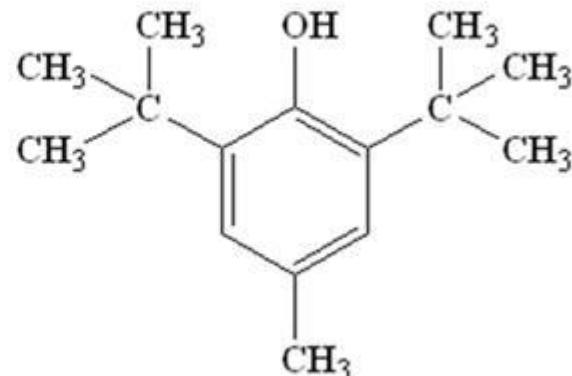
Vitamin C (askorbinska kiselina) Vitamin E (tokoferol) Polifenoli (bioflavonoidi-vitamin P)

Veštački antioksidansi

Butylated hydroxyanisole (BHA)



Butylated hydroxytoluene (BHT)



Butilovani-hidroksianizol i butilovani-hidroksitoluen (BHA / BHT) sintetički konzervansi u kozmetičkim proizvodima koji omekšavaju i vlaže kožu. Koristi se i kao konzervansi u hrani. Izazivač je alergija kože. Međunarodna Agencija za istraživanje karcinoma svrstala je ove hemikalije u moguće kancerogene. Evropska komisija za endokrine poremećaje svrstava ih u supstance koje remete funkciju žlezda sa unutrašnjim lučenjem jer remete funkciju hormona.

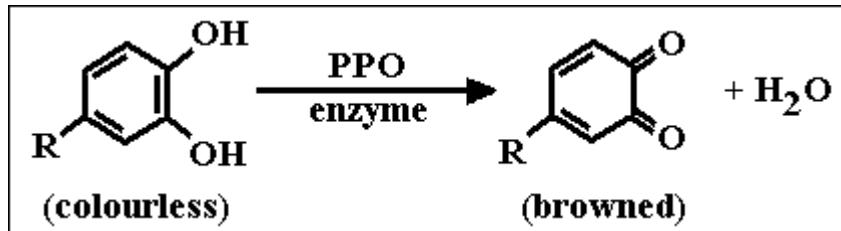
U konvenciji o zaštiti morskog sveta stoji da je BHA / BHT toksičan za morski svet i biokumulativan je u prirodi (deluje kao zagađivač životne sredine). U EU ove hemikalije su zabranjene u kozmetičkim proizvodima.

Potamnjenje hrane (posmedjivanje)

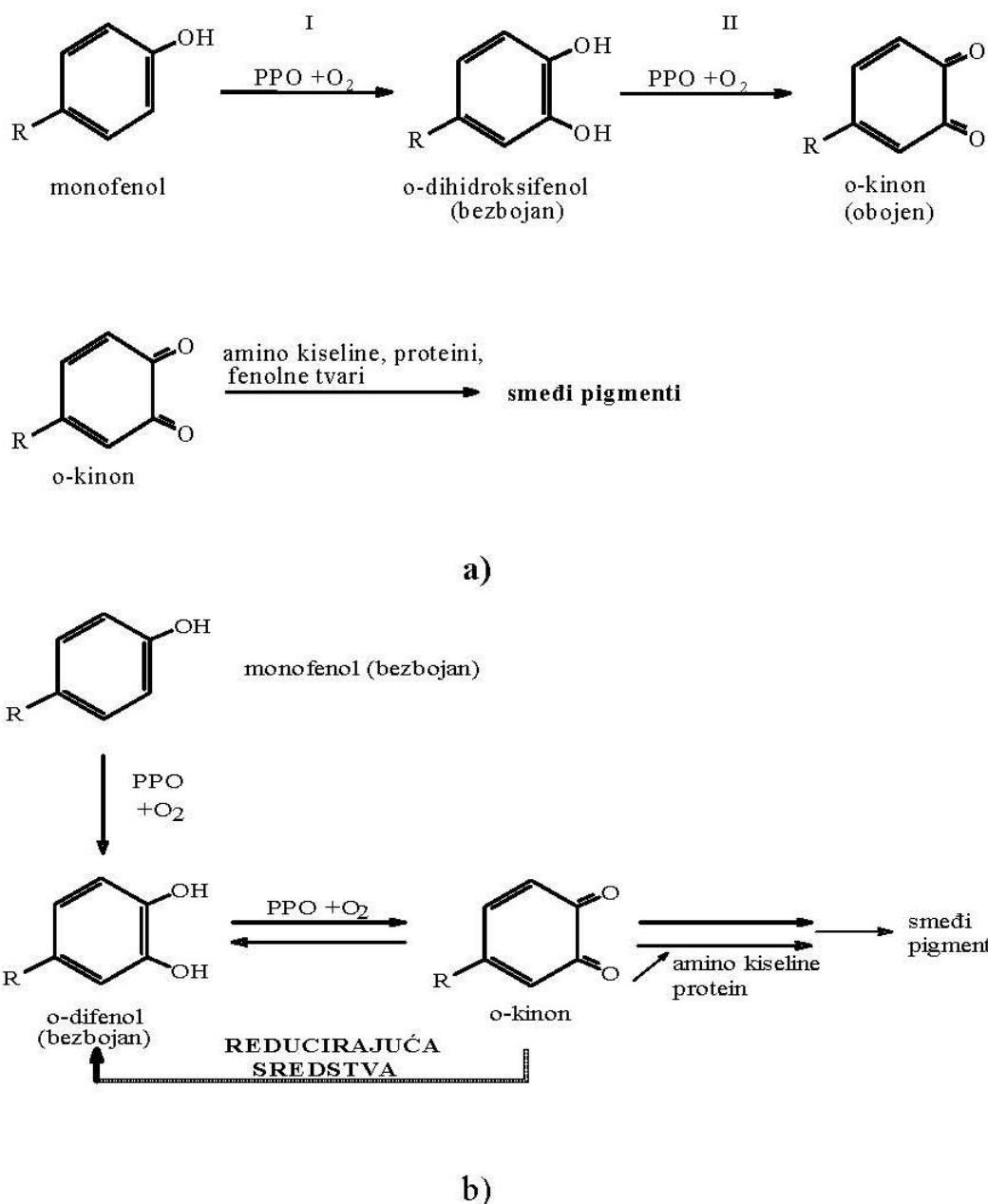
-Neenzimsko (autooksidacije-bez katalizatora i oksidacije katalizovane metalnim jonica). Oksidacije bez enzima se odvijaju veoma sporo. Za opažanje promena, potrebno je da prodje nekoliko sati, dana ili nedelja.

-Enzimsko (oksidacije katalizovane enzimima). Ove oksidacije se odvijaju veoma brzo. Nepoželjni procesi započinju nakon mehaničkog oštećenja tkiva. Nepoželjne promene se u ovom slučaju mogu zapaziti veoma brzo, od nekoliko minuta do nekoliko sati.

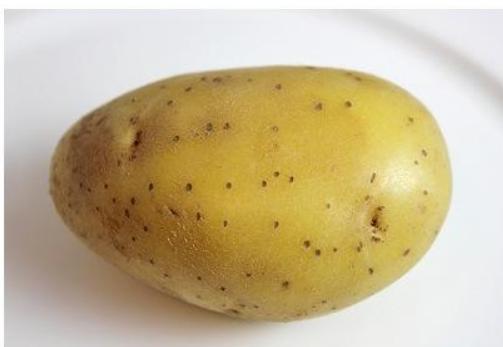
-Kod voća i povrća, pojava enzimskog posmedjivanja je uglavnom vezana za aktivnost enzima polifenol-oksidaze (PPO).



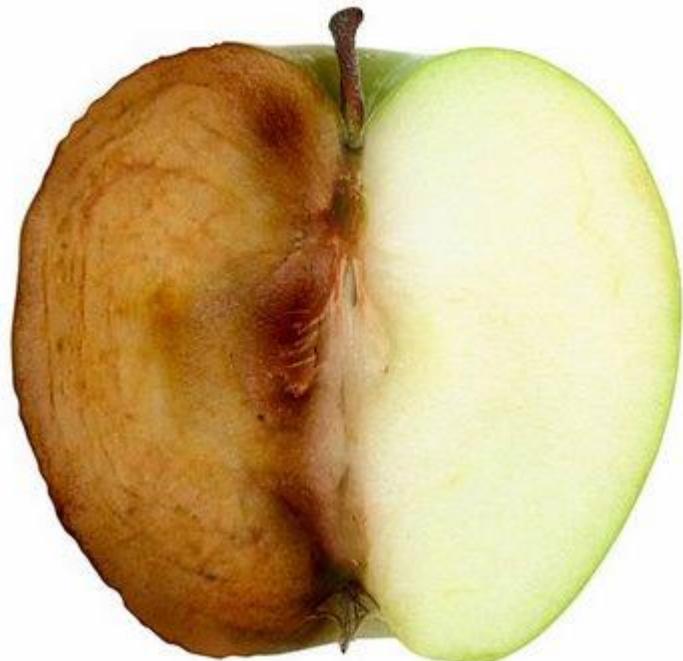
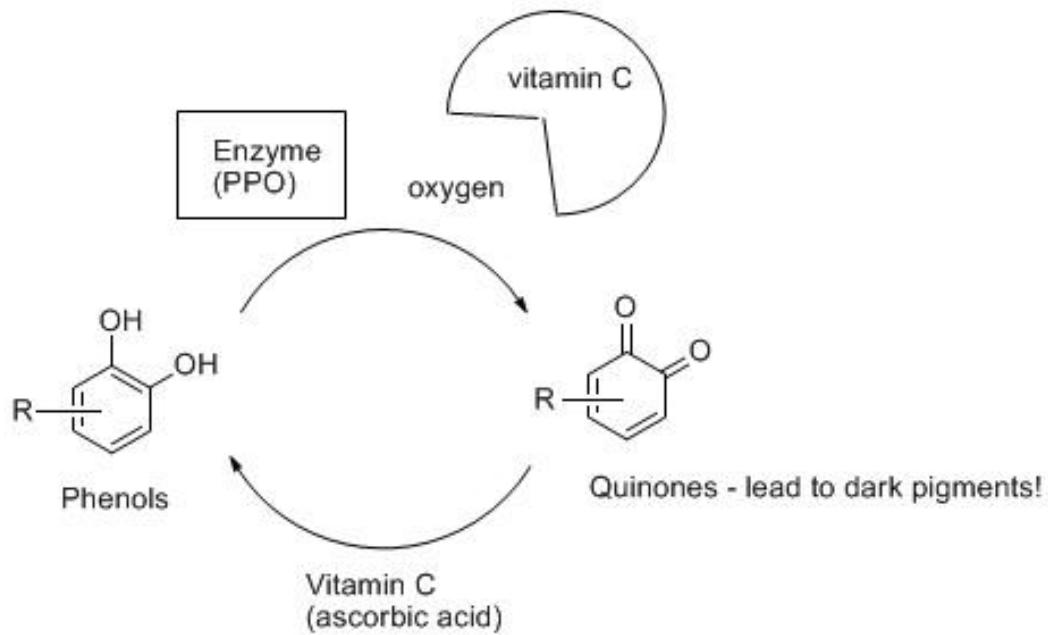
Karakteristična pojava smeđe boje kod voća i povrća usled stajanja na vazduhu je posljedica delovanja enzima **polifenol-oksidaze (PPO)** usled čega nastaju hinonski derivati (obično mrke boje) koji se umrežavaju sa amino-kiselinama dajući smeđe obojene nerastvorne pigmente. Ova pojava je naročito izražena kod jabuke, kruške, breskve, banane kao i krompra, gljiva i leguminoza.



Posmedjivanje banane, jabuke i krompira pod uticajem kiseonika

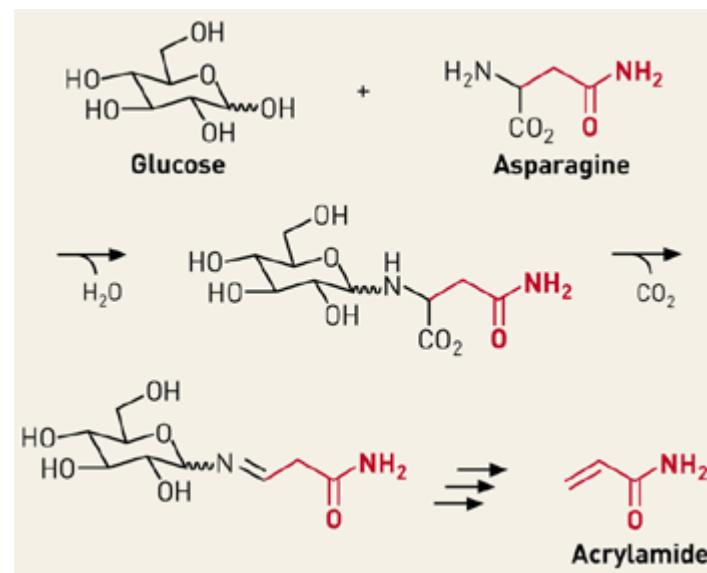
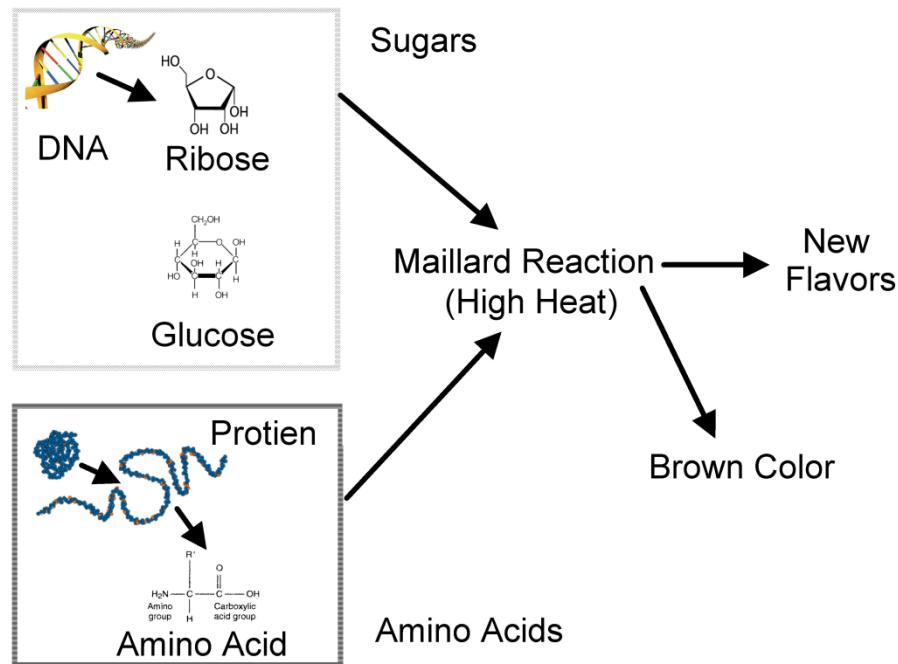


Vitamin C prevenira nastajanje braon boje kod voća



Neenzimsko posmedjivanje je uglavnom posledica hemijske reakcije aldehidnih funkcionalnih grupa šećera sa amino grupama amino-kiselina (Maillard-ova reakcija).

Nastali proizvodi su uglavnom žute-smeđe boje i promenjenog mirisa. Do ove reakcije postepeno dolazi stajanjem, a naročito na povišenoj temperaturi.



Posledica Maillard-ove reakcije je i nastajanje toksičnog i kancerogenog akrilamida pri proizvodnji čipsa.

MAILLARD REACTION

PROCESS

70°F/21°C

212°F/100°C

250°F/110°C

raw
(uncooked)

bland
(steamed)

flavor-full

(Maillard Reaction/browned)

reshuffling atoms,
over heat, to make
flavor molecules

300°F/149°C

330°F/166°C

400°F/204°C

sweet
(caramelized)

no taste
(burned)

More + more-varied proteins (meat vs. veggies) = more (stronger) flavors.



Only the surface reaches the temperature at which the Maillard Reaction (discovered by chemist Louis Camille Maillard in the 1910s) can occur.

browned onions
(Maillard Reaction happens before caramelization)

water

sugars

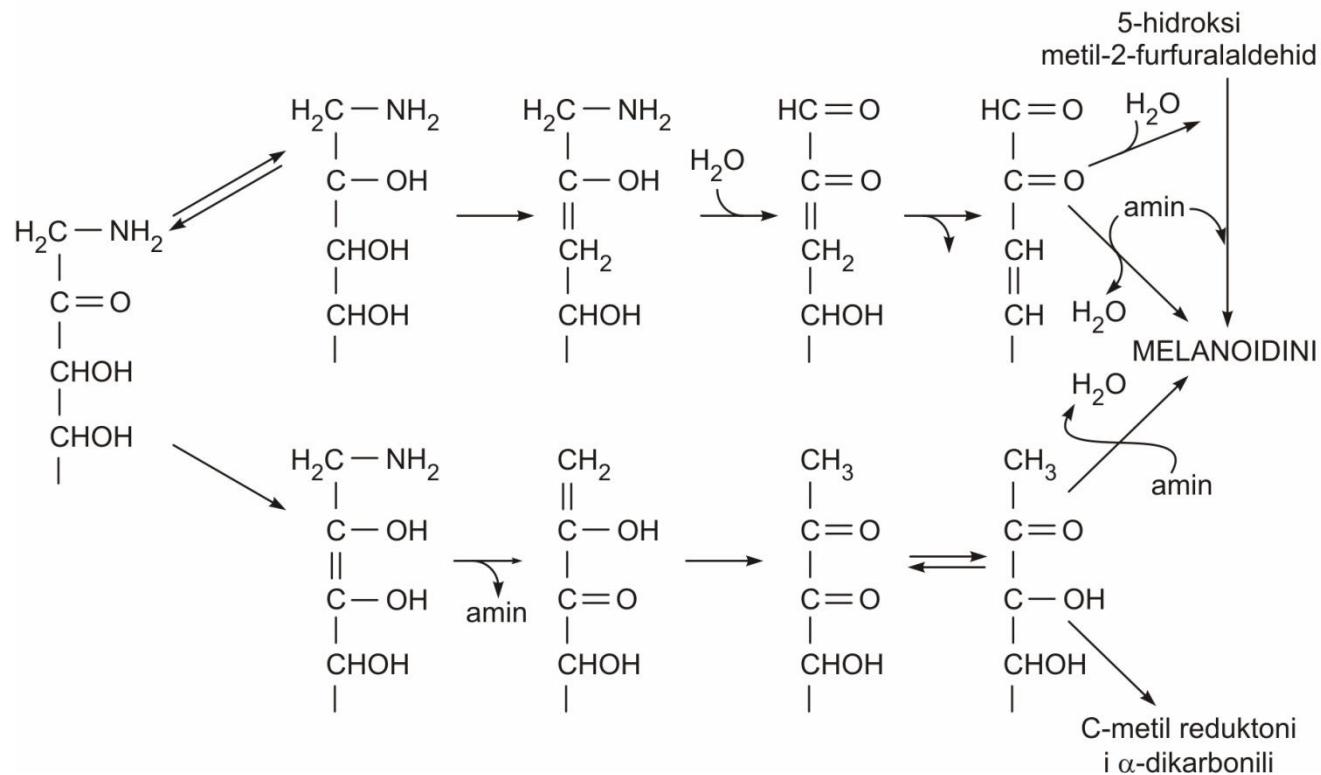
(some of the)
amino acids
from protein

+heat

flavors

Melanoidini

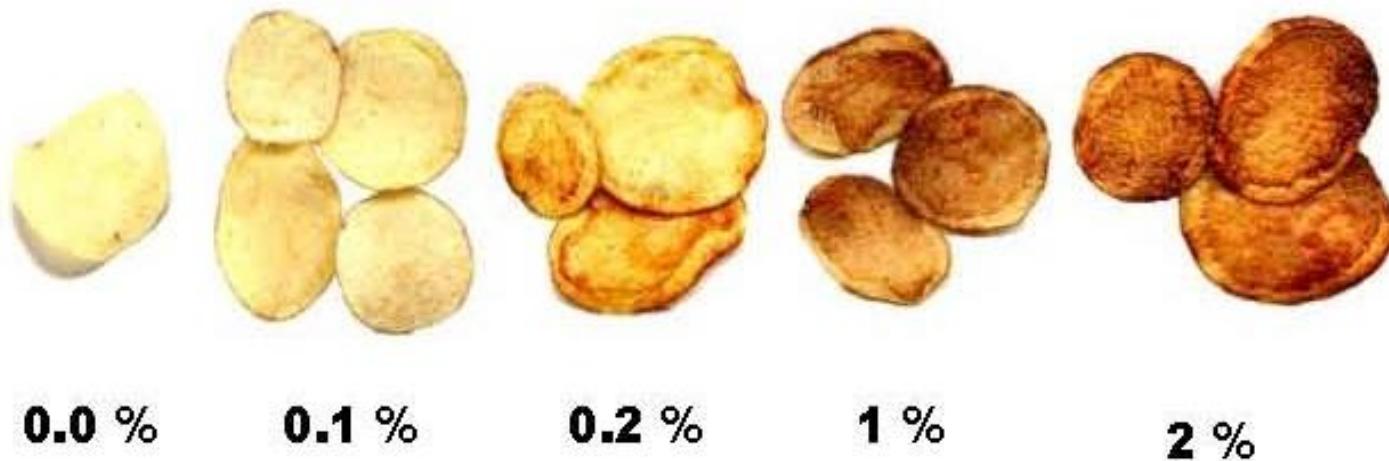
Melanoidini predstavljaju pigmente koji nastaju u reakcijama oksidovanih šećera (diketona) sa amino grupama amino-kiselina ili proteina kada nastaju polimeri žute-do smeđe boje.

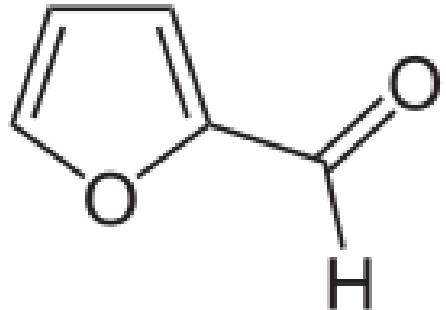


Uticaj količine vlage na posmedjivanje kod krompira

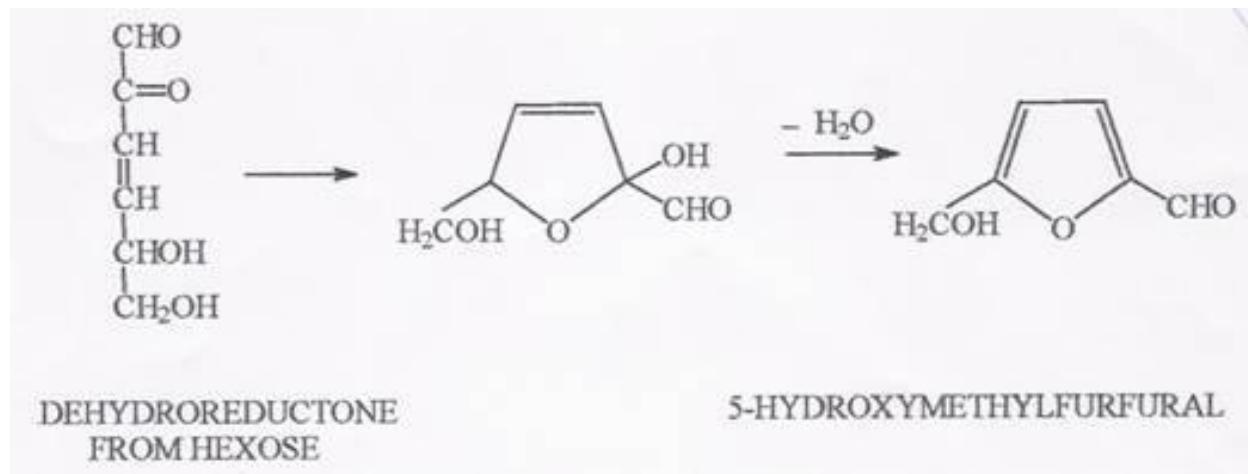
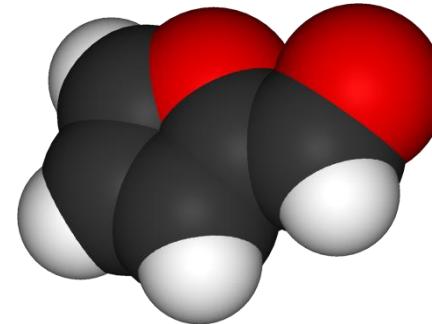
Posmedjivanje kod krompira

**Pojava kod svih proizvoda na bazi krompira
posebno chipsa i pomfrita**





Furfural

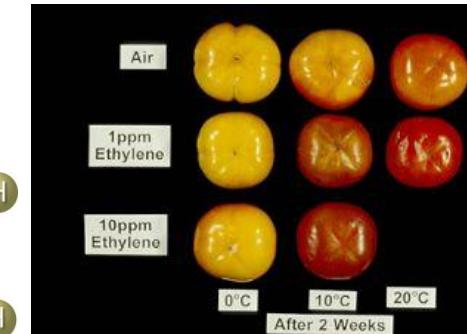
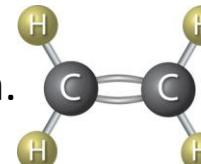


Furfural nastaje u hrani tokom stajanja postepenom oksidacijom i dehidratacijom šećera. LD₅₀ je 65 mg/kg (oral, pacovi).

Iritans je za kožu i može dovesti do kožnih alergija i preosetljivosti na sunčevu svetlost.

Ostali procesi koji se dešavaju tokom skladištenja voća

-Stajanjem voća i povrća dolazi do postepenog dozrevanja plodova delovanjem sopstvenih enzima. Ovaj proces se može ubrzati delovanjem biljnih hormona kao što je npr. etilen.



- Pretvaranje nerastvornih protopektina u rastvorljive pektine. Za bistrenje voćnih sokova koriste se enzimi koji razlažu pektin (pektinaze)
- Povećanje slasti je posledica razlaganja skroba delovanjem enzima amilaze
- Nastajanje isparljivih aldehida i estara koji daju karakterističan miris, razvijanje ukusa-arome, oksidacija kiselina usled čega se smanjuje kiselost kao i razlaganje tanina usled čega iščezava opor ukus.
- Dužim stajanjem, naročito kod plodova sa visokim sadržajem vode i pri neadekvatnom čuvanju (na relativno visokim temperaturama) dolazi do kvarenja biološkog materijala delovanjem mikroorganizama.

