

# Senzoricky aktivní látky

## Barevné látky

**látky barevné** (barviva, pigmenty)

barevný efekt založen na selektivní absorpci určitých vlnových délek

výsledná barva je dána spektrem odražených vlnových délek světla

- ◆ přírodní barviva
- ◆ syntetická barviva identická s přírodními
- ◆ syntetická barviva

**světlo** – elmg. záření o vlnové délce viditelné lidským okem (400 až 800 nm)

přírodní barviva – také látky získané z přírodních surovin technologickými procesy (karamel)

diskolorace - nežádoucí změny barvy

# PŘÍRODNÍ BARVIVA

## vznik

- ◆ **látky primární**

  - přirozená součást potravin**

  - přirozená součást jiných materiálů (mikroorganismy, řasy, vyšší rostliny),  
použití jako **aditiva****

- ◆ **látky sekundární**

  - enzymové reakce (reakce enzymového hnědnutí)**

  - chemické reakce (reakční barviva)**

## významné skupiny

- ◆ **tetrapyrrolová barviva**

  - hemová barviva

  - chlorofylová barviva

- ◆ **betalainová barviva**

  - betakyany

  - betaxanthiny

- ◆ **flavonoidní barviva**

  - anthokyany

  - anthoxanthiny

- ◆ **fenolová a chinoidní barviva**

  - fenoly

  - chinony

- ◆ **karotenoidní barviva**

  - karoteny

  - xanthofyly

rostlinná, živočišná

rostlinná

rostlinná

rostlinná, živočišná

rostlinná, živočišná

# TETRAPYRROLOVÁ BARVIVA (TETRAPYRROLY)

◆ porfyrinová barviva (porfyriny)

cyklická

hemová barviva (hemy)

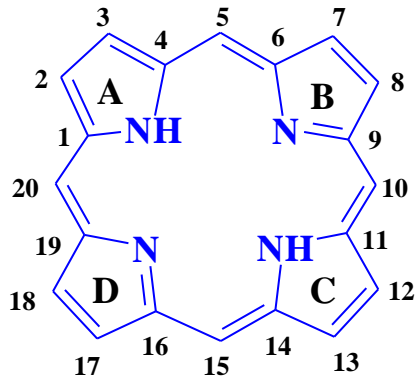
chlorofylová barviva (chlorofyly)

◆ bilinová barviva (biliny)

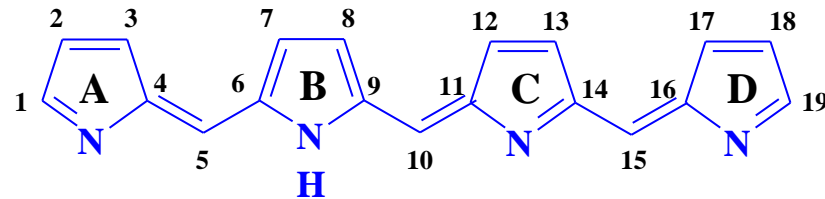
lineární

fykobiliny

žlučová barviva



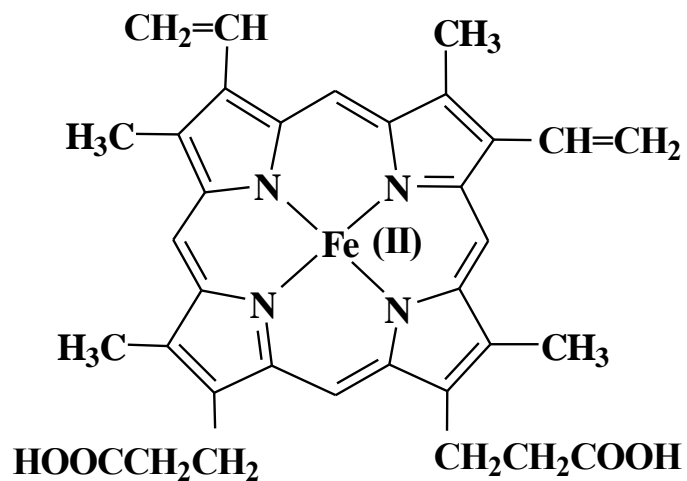
porfin



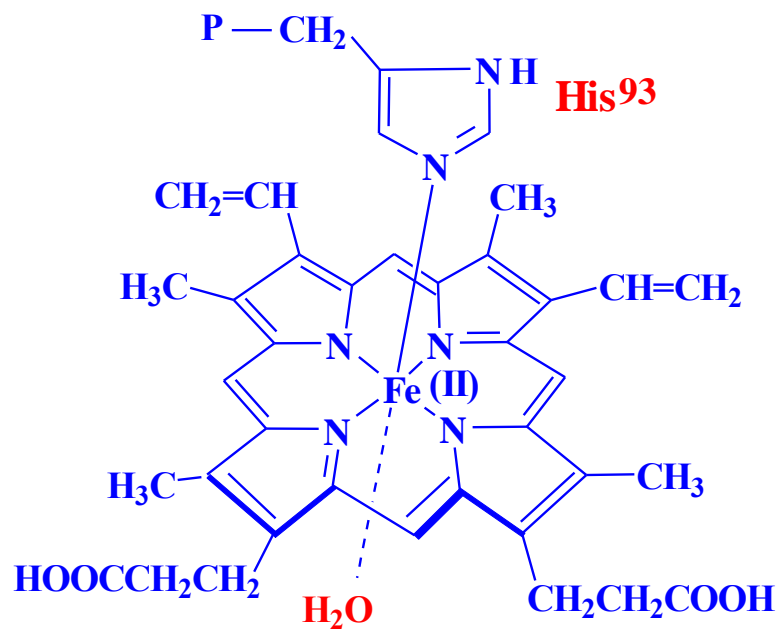
bilin

# hemová barviva

## maso, masné výrobky

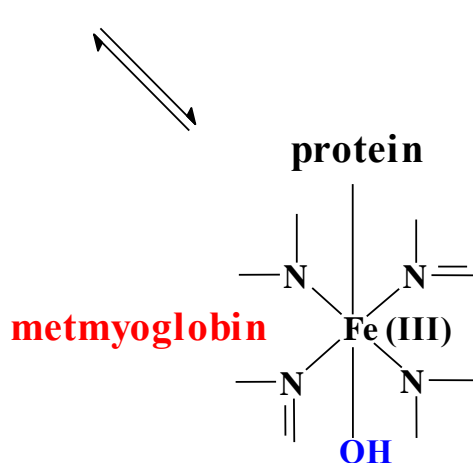
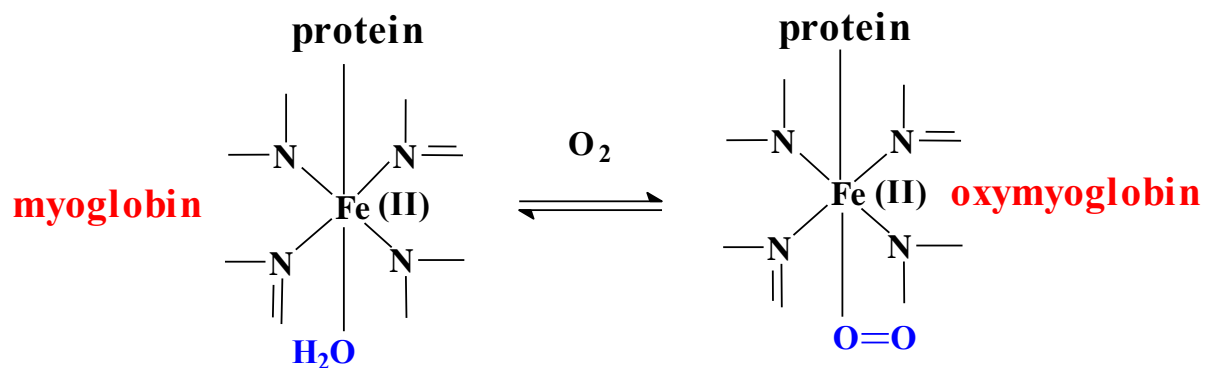


hem (redukovaný hematin,  $\text{Fe}^{2+}$ )  
hematin ( $\text{Fe}^{3+}$ )



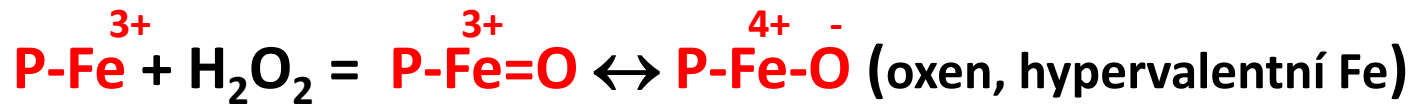
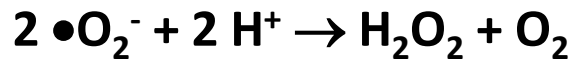
hemoglobin  
myoglobin (P=zbytek globinu 16,8 kDa)

maso	myoglobin mg.kg <sup>-1</sup>	hemoglobin mg.kg <sup>-1</sup>	podíl hemoglobinu %
hovězí	3140-7020	340-520	6-10
vepřové	790-2320	360-1200	25-50



myoglobin (Mb) **tmavě červený**  
 oxymyoglobin (MbO<sub>2</sub>) **rumělkově červený**  
 metmyoglobin (MMb) **hnědý až hnědošedý**

◆ vznik MMb autooxidací



iniciace peroxidace tuků

## reakce MMb při tepelném zpracování masa

metmyoglobin



denaturace globinu (70-80 °C)



hydrolýza globinu



hematin nebo hem

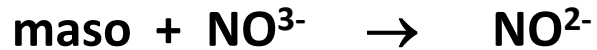
↓ (ztráta  $\text{Fe}^{3+}$  nebo  $\text{Fe}^{2+}$ )

lineární tetrapyrroly



## stabilizace barvy masa a masných výrobků

mikroflora



záhřev



**MbNO** = nitroxymyoglobin

**Mb(NO)<sub>2</sub>** = nitroxyhemochrom  
(nitrosylhemochrom, nitroxymyochromogen)

askorbová kyselina



šedá až zelená barviva

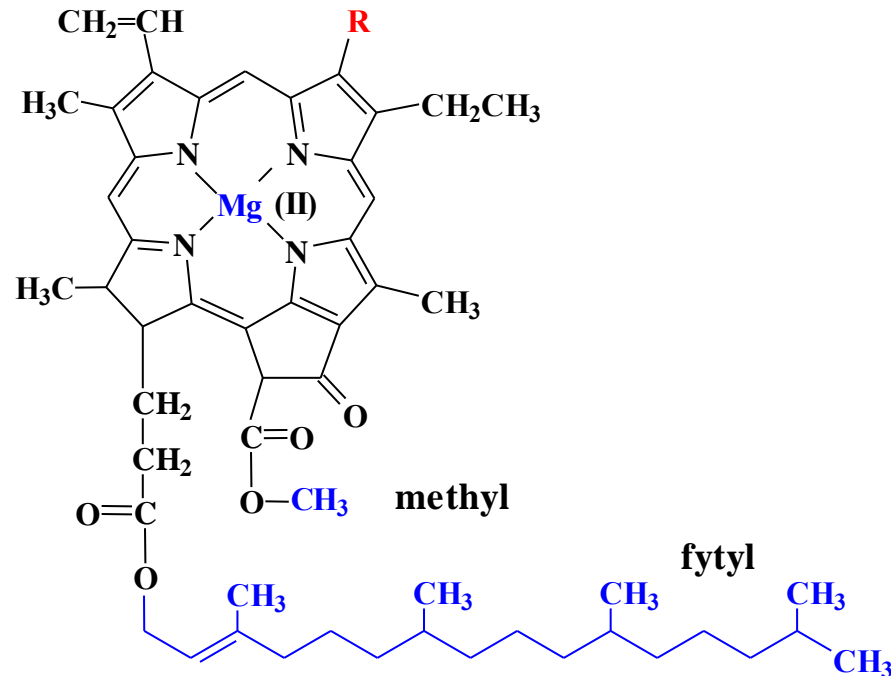
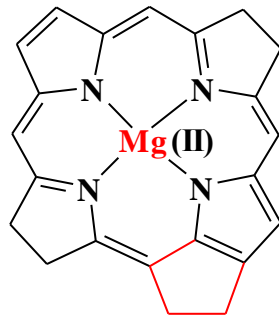
(sulfomyoglobin, verdochrom, cholemyoglobin)

# CHLOROFYLOVÁ BARVIVA

zelené části ovoce a zeleniny

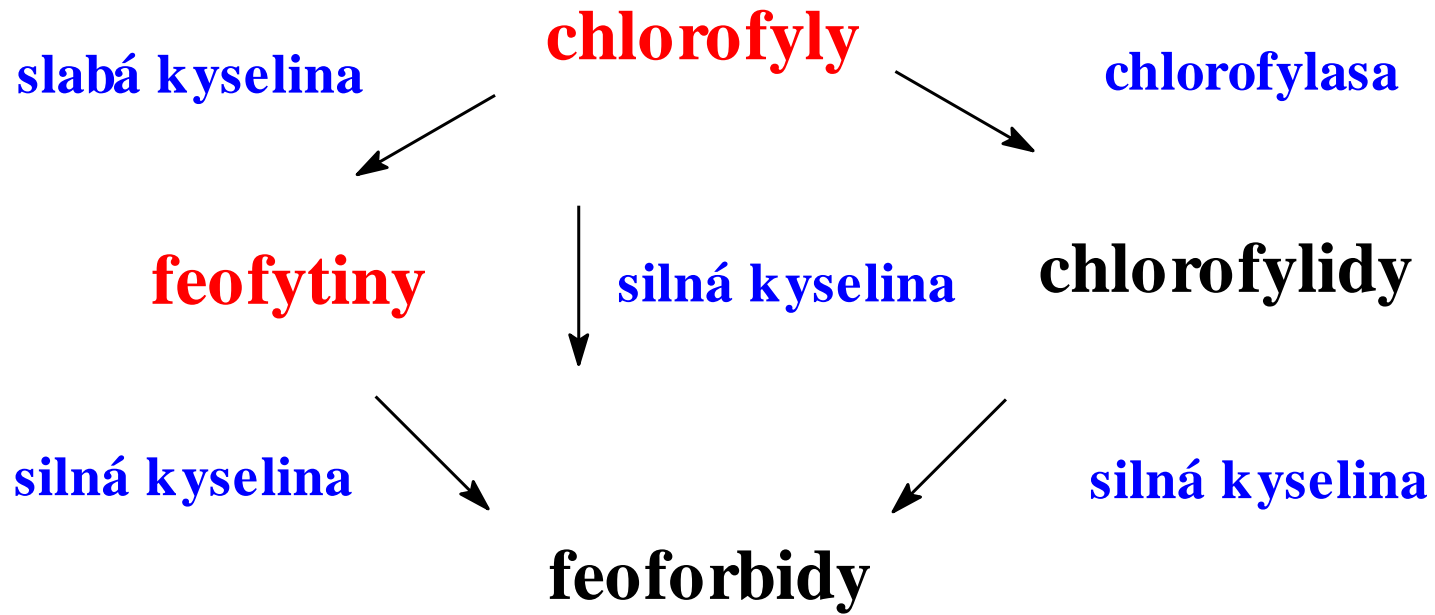
tetrahydroporfyriňová barviva

chlorofyly

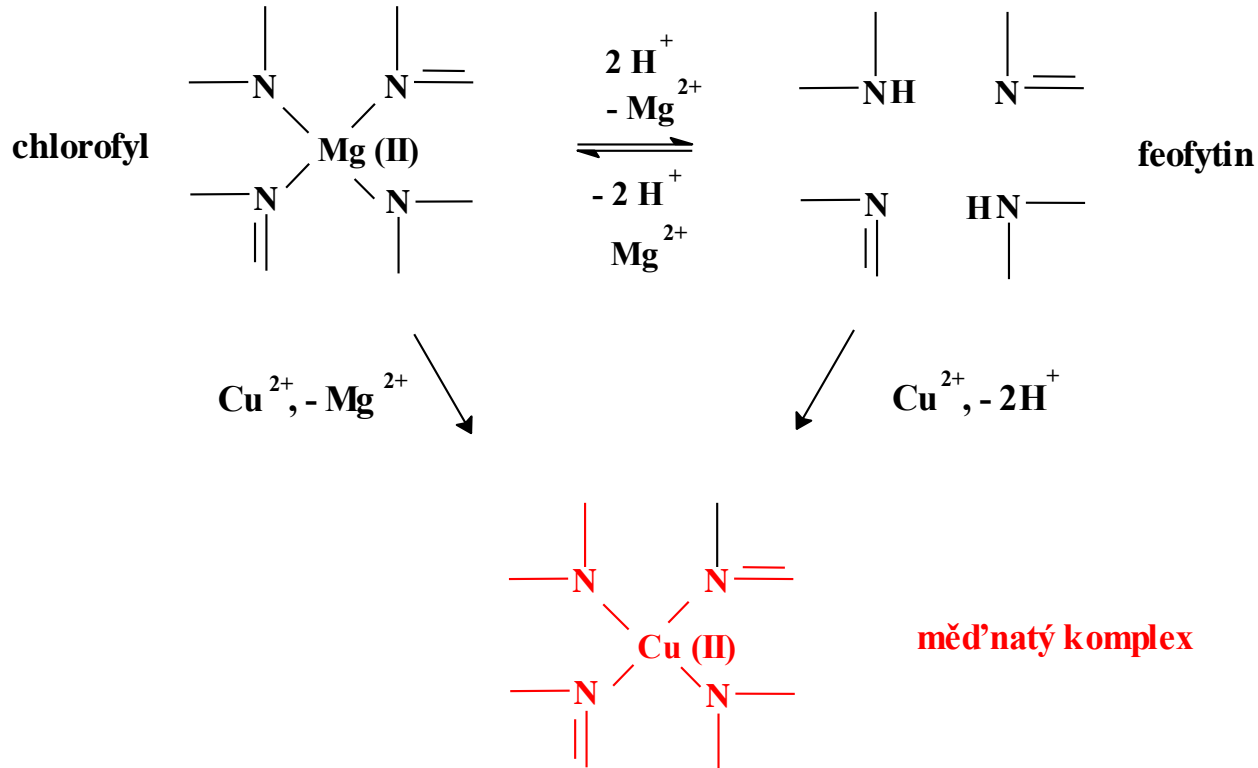


komplex Mg (II)	chlorofyly	R = CH <sub>3</sub>	chlorofyl a	žluto-zelený	3
bez Mg (II)	feofytiny	R = CH=O	chlorofyl b	modro-zelený	1
bez fytolu	chlorofylidy				
bez Mg (II), fytolu	feoforbidy				

## reakce chlorofylů při zpracování potravin



# stabilizace barvy



- ◆ chlorofyly, Cu komplexy chlorofylů – zelená v tuku rozp. směs barviv
- ◆ chlorofylin (Na a K soli různých sloučenin) – šedozelená, rozp. ve vodě
- ◆ Cu komplexy chlorofylinu – zelená stabilní barviva

# BETALAINOVÁ BARVIVA

řepa červená

*Beta vulgaris*



plody opuncie



laskavec



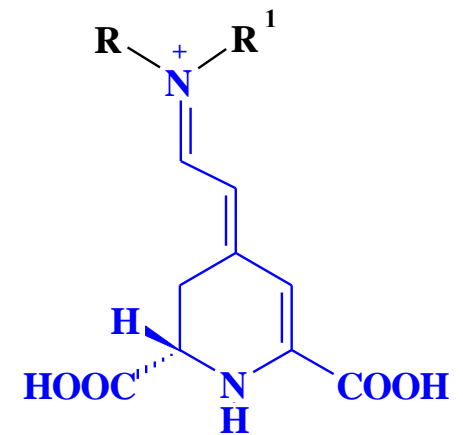
muchomůrka červená

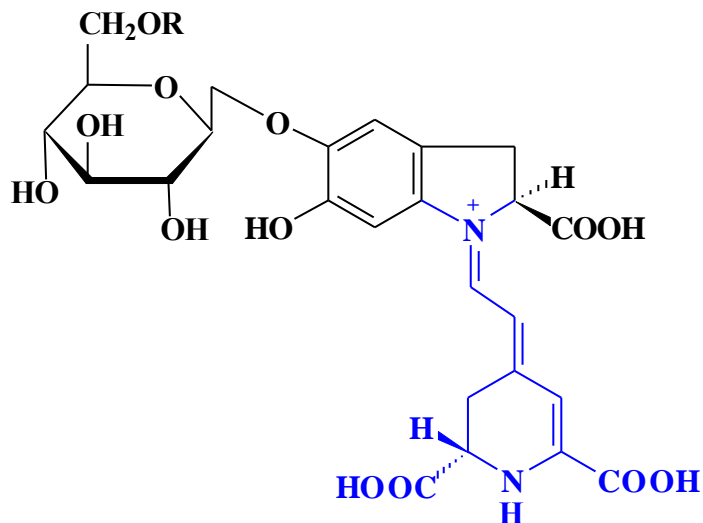
- ◆ betakyany
- ◆ betaxanthiny

červené

žluté, oranžové

**základní struktura**





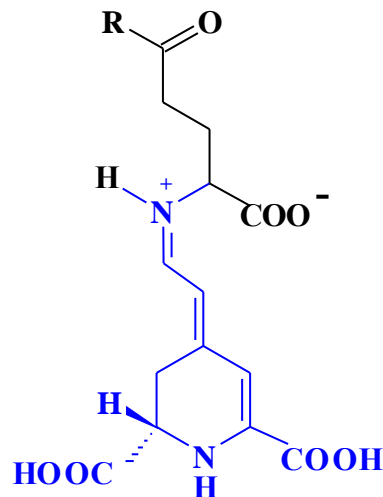
betanin (R = H)

dominující betakyan  
v řepě (1-2 g/kg)

**použití** prášek s 6-7 % barviv řepy  
(po fermentaci, sušení)



barvení mléčných a masných výrobků, nealkoholických nápojů, cukrovinek



vulgaxanthin I (R = NH<sub>2</sub>)

vulgaxanthin II (R = H)

# FLAVONOIDNÍ BARVIVA

ovoce, zelenina, květiny

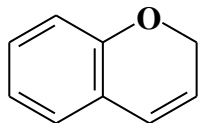
◆ anthokyany                      červená, fialová, modrá barviva

◆ anthoxanthiny                    žlutá, oranžová barviva

(anthos = květ, kyaneos = modrý, xanthos = žlutý)

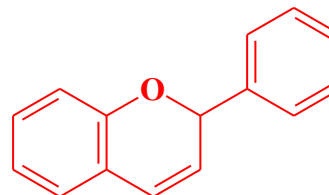
dosud cca 5000 látek

**základní struktura**



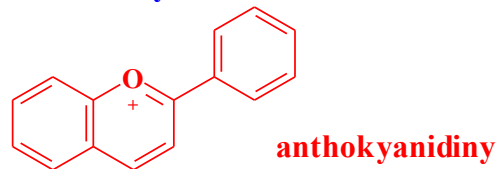
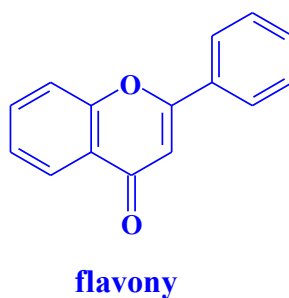
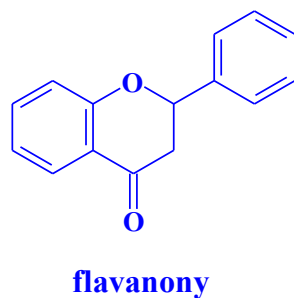
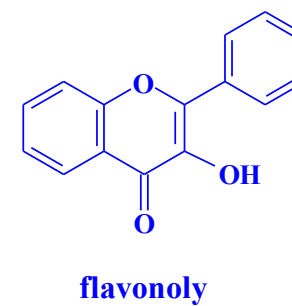
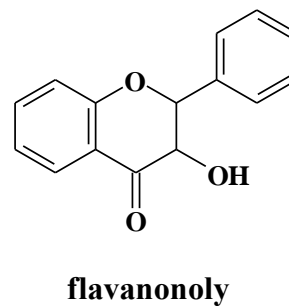
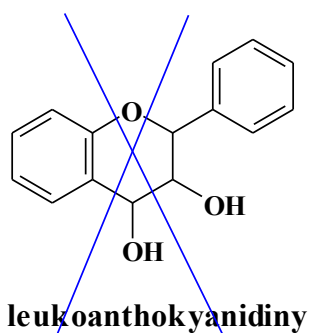
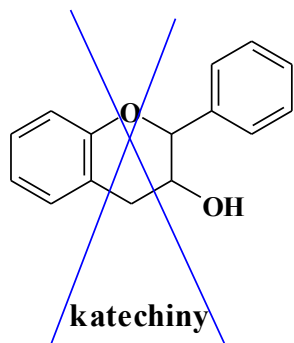
2H-chromen

substituovaný  
fenylovou sk.



flavan

- ◆ stupeň oxidace 3C řetězce
- ◆ OH skupiny v kruzích A, B, C
- ◆ aglykony, glykosidy



bezbarvé

bezbarvé-sv. žluté

sv. žluté-žluté  
červené-modré

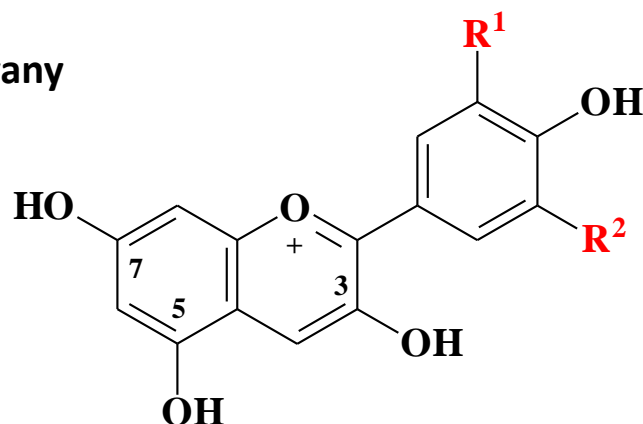
žluté



# anthokyany

aglykony=anthokyanidiny glykosidy=anthokyany

## základní struktura



pelargonidin <b>Pg</b>	$R^1 = H$	$R^2 = H$	fialově-červená
kyanidin <b>Cy</b>	$R^1 = H$	$R^2 = OH$	fialová
delfinidin <b>Dp</b>	$R^1 = OH$	$R^2 = OH$	modro-fialová
peonidin <b>Pn</b>	$R^1 = H$	$R^2 = OCH_3$	fialová
petunidin <b>Pt</b>	$R^1 = OH$	$R^2 = OCH_3$	tmavě červená
malvidin <b>Mv</b>	$R^1 = OCH_3$	$R^2 = OCH_3$	modro-fialová

sacharid

Glu, Gal, Xyl, Ara, Rha

vždy C-3, často C-3 a C-5, zřídka C-7

kyseliny

*p*-kumarová, kávová, ferulová

## anthokyaniny ovoce a zeleniny

ovoce	anthokyanidin	sacharid, kyselina
borůvky	Dp	3-rutinosid, 5-glukosid, 3-glukosid ( <b>myrtillin</b> )
hrozny	Cy, Pn, Dp, Pt, Mv	3-p-kumaroyl, 3-kaffeoyl- <b>3-glukosidy</b>
jahody	Pg, Cy	3-glukosidy
maliny	Cy, Pg	3-soforosid, 3-rutinosid, 3-glukosid
ostružiny	Cy, Mv	3-glukosid, 3-rutinosid, volné/acylované
rybíz černý	Cy, Dp	3-glukosidy, 3,5-diglukosidy, 3-rutinosidy
višně	Cy, Pn	3-glukosidy, 3-rutinosidy
<b>zelenina</b>	<b>anthokyanidin</b>	<b>sacharid, kyselina</b>
cibule	Cy	3-glukosid, 3-galaktosid ( <b>idaein</b> )
lilek	Dp	3-glukosid, 3-rutinosid, 3,5-diglukosid
zelí	Cy	malonyl ( <i>p</i> -kumaroyl, di- <i>p</i> -kumaroyl, feruoyl)- 3-soforosid-5-glukosid

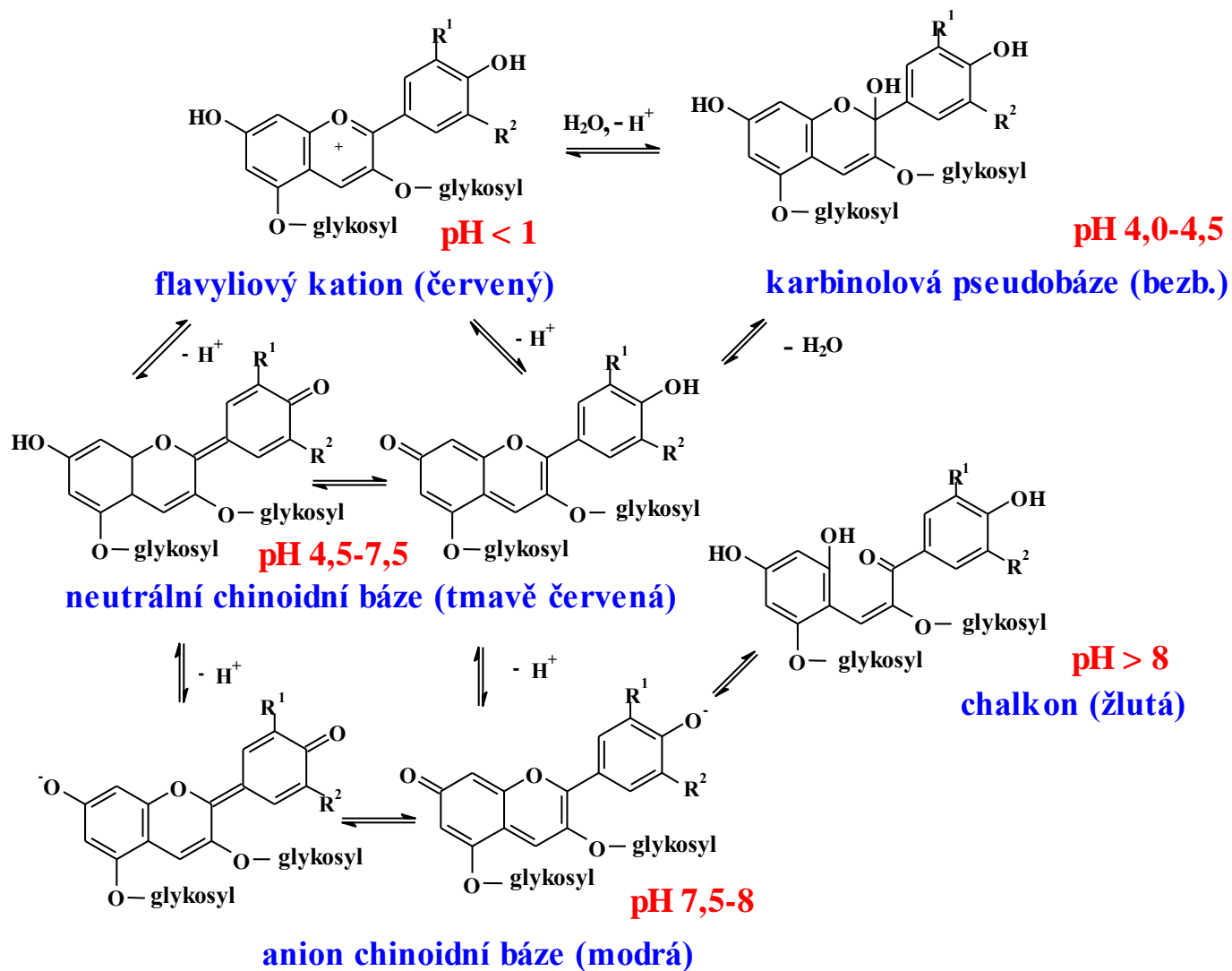
soforosa =  $\beta$ -D-Glcp-(1→2)-D-Glcp

rutinososa =  $\alpha$ -L-Rhap-(1→6)-D-Glcp

## **závislost zbarvení na různých faktorech**

- ◆ **pH prostředí**
- ◆ **kopigmentace, popř. transformace na jiná barviva**
- ◆ **oxid siřičitý**
- ◆ **peroxid vodíku**

# pH prostředí



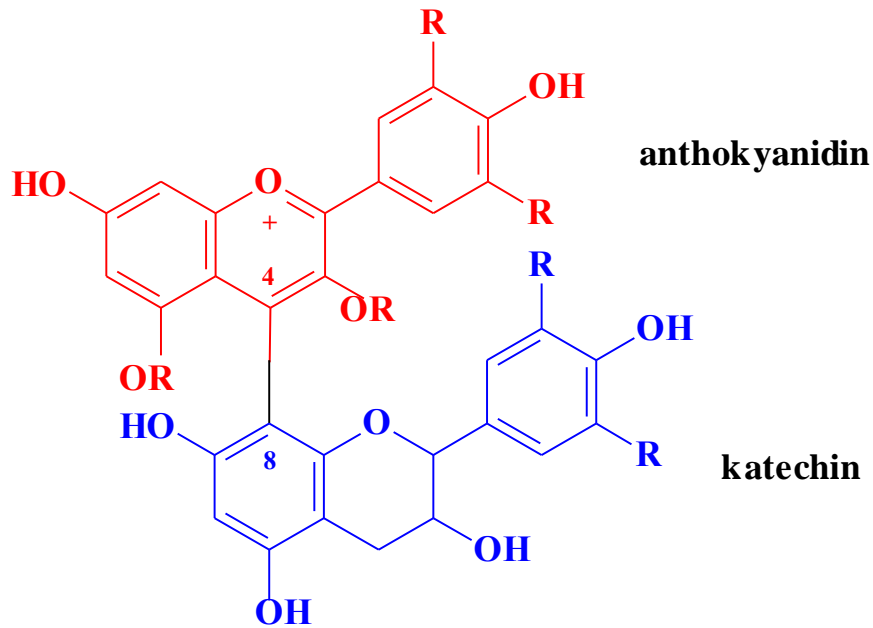
## kopigmentace

interakce s prokyanidiny

(např. katechiny, tzv. kopigmenty) → barevný komplex

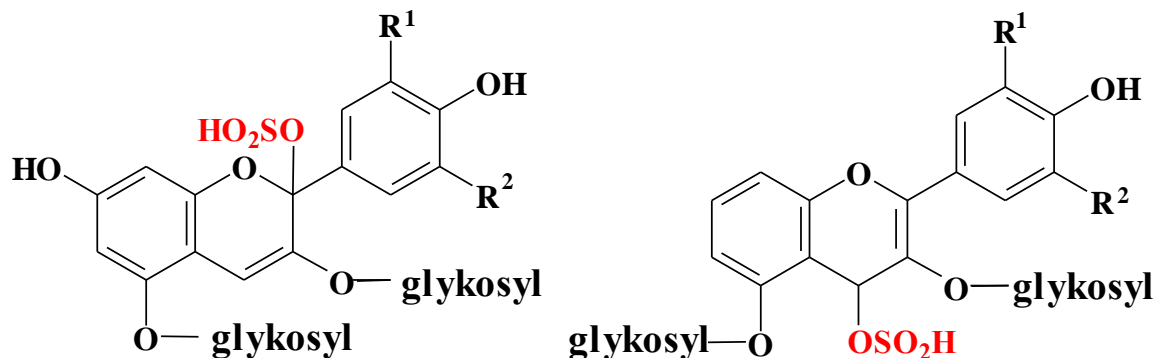
transformace na jiná barviva

barevný komplex → dimer (oligomer)

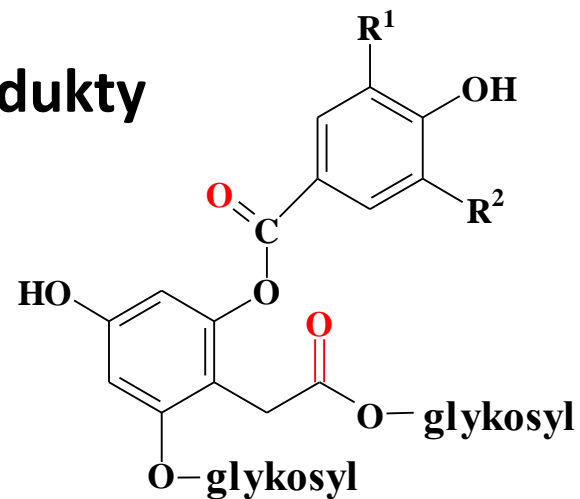


# nerozpustné kondenzační produkty, sedimenty **flobafeny**

**oxid siřičitý** → bezbarvé sulfonové kyseliny



**peroxid vodíku** → bezbarvé produkty



## anthoxanthiny

### flavanony

- ◆ barviva malý význam
- ◆ hořké látky grapefruitů

**naringin** = naringenin + neohesperidosa

**neohesperidin** = hesperetin + neohesperidosa

### flavanonoly

- ◆ barviva malý význam

### flavony

- ◆ **nejvýznamnější anthoxanthiny**

## flavonoly

- ◆ významné anthoxanthiny
- ◆ antioxidační aj. vlastnosti

**rutin** = kvercetin + rutinosa, bioflavonoidy

## isoflavony

- ◆ barviva malý význam
- ◆ estrogenní látky sóji

## chalkony a aurony

- ◆ významná barviva květin  
(např. **karthamin** světlice barvířské, hledík, jiřinka)

## dihydrochalkony

- ◆ barviva malý význam

sladký **neohesperidindihydrochalkon**



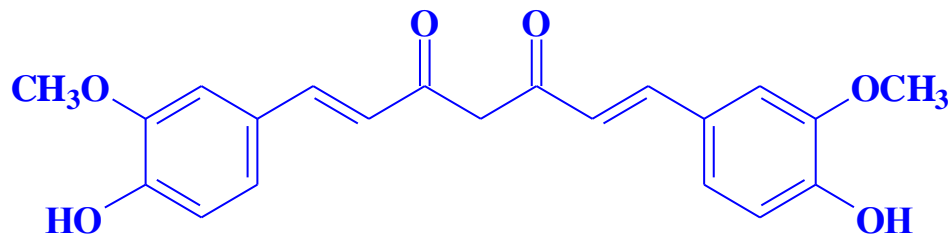
# CHINOIDNÍ BARVIVA

lišejníky, houby, vyšší rostliny

- ◆ fenoly
- ◆ chinony

fenoly

kurkuminoidy (diarylheptanoidy)



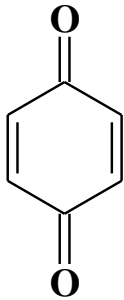
kurkumin (kurkuma, kari) - žlutý až oranžový



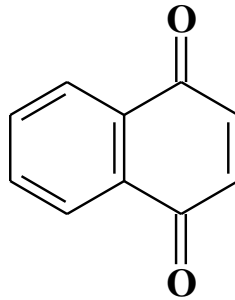
extrakcí z odděnků  
kurkumy dlouhé  
(*Curcuma longa*)

# chinony

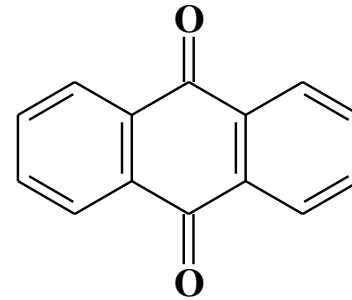
- ◆ benzochinony
- ◆ naftochinony
- ◆ anthrachinony



**benzo-1,4-chinon**



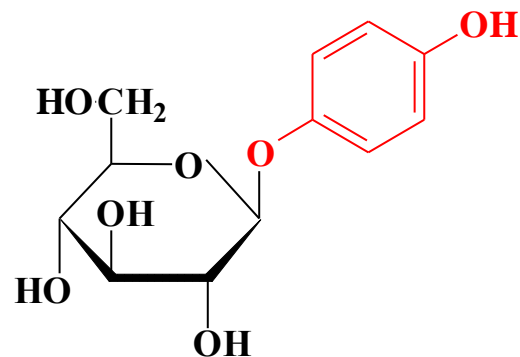
**nafto-1,4-chinon**



**anthra-9,10-chinon**

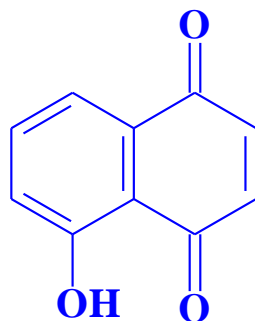
## benzochinony

arbutin (listy brusinky, antiseptikum)



## naftochinony

juglon (listy ořešáku, 4- $\beta$ -D-glukosid 1,4,5-trihydroxynaftalenu)  
(příbuzný gossypol semen bavlníku, koenzymy Q, vitaminy K)



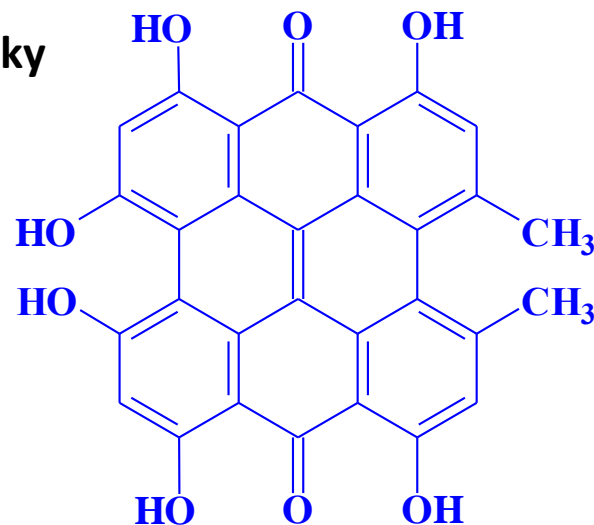
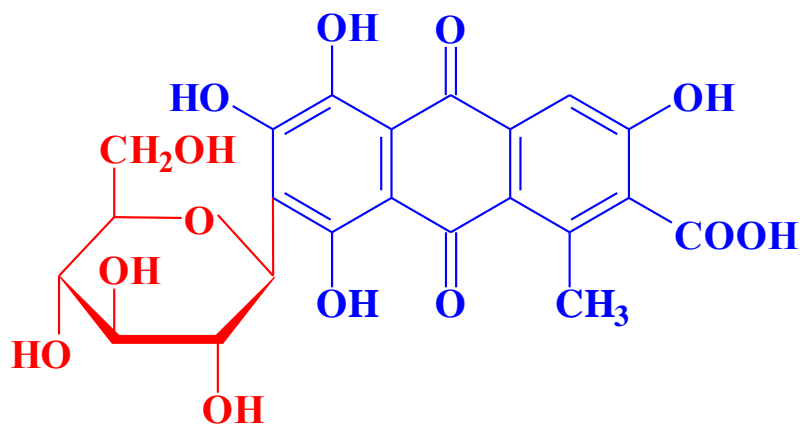
## anthrachinony

příbuzné emodiny, bianthrony

karminová kyselina (košenila, červec nopálový)

hypericin (třezalka)

E120 – masné a mléčné výrobky, cukrovinky



*už pět století před naším letopočtem se užívalo v Peru, znali ho staří Inkové a Mayové vyrábí se z červce nopálového, který žije na opunciích*

# KAROTENOIDNÍ BARVIVA

žluté, oranžové, červené až fialové

rostliny, mikroorganismy, savci druhotně

◆ **karotenoidy** (tetraterpeny, 40 atomů C, *trans*-isomery)

uhlovodíky

**karoteny**

O-deriváty

**xanthofyly**

**neokarotenoidy** (*cis*-isomery)

◆ **degradované karotenoidy**

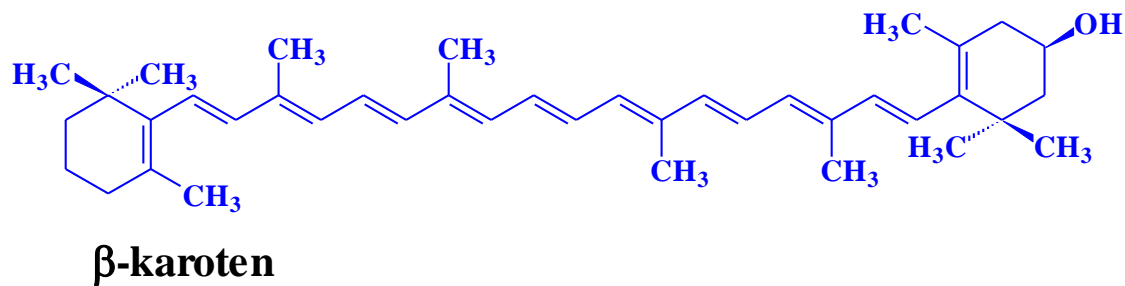
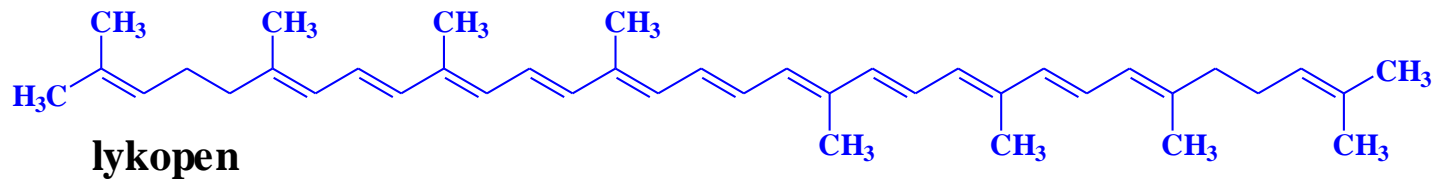
(30, 20, 15, 13, 10 atomů C)

# karoteny

acyklické a alicyklické uhlovodíky

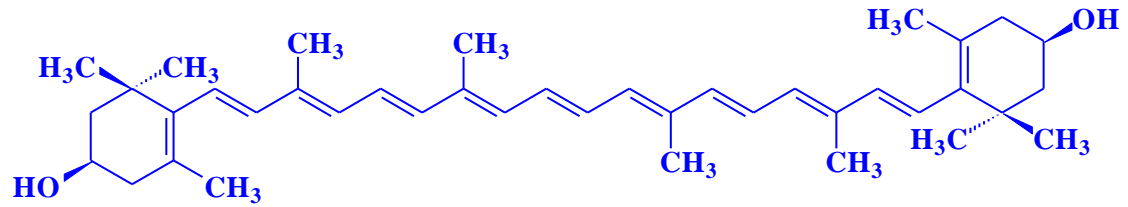
lykopen: rajčata, šípky

$\beta$ -karoten: mrkev, meruňky, mango



# xanthofyly

alkoholy, ketony, epoxidy  
volné, vázané



**zeaxanthin**

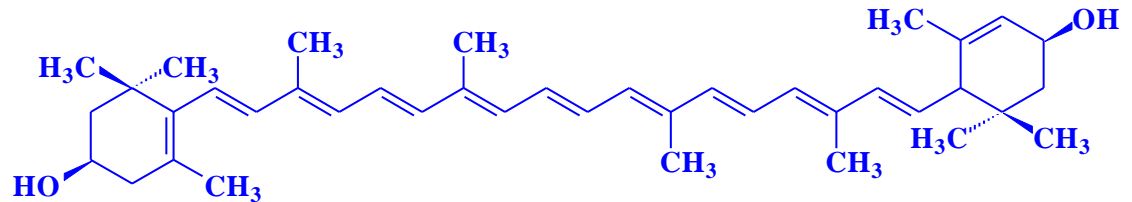
zeaxanthin, lutein:  
obecně rozšířeny

kapsanthin:

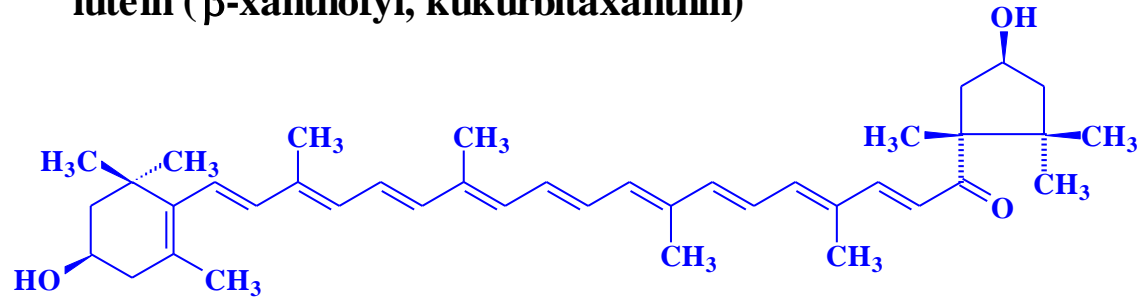
paprika

astaxanthin:

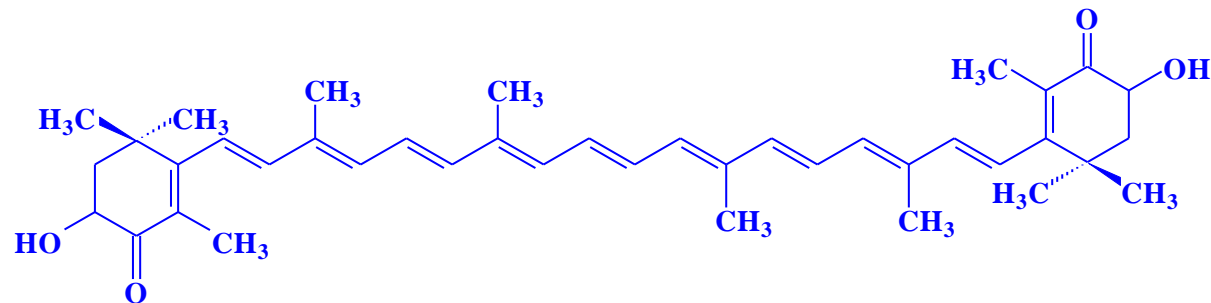
ryby, korýši



**lutein ( $\beta$ -xanthofyl, kukurbitaxanthin)**



**kapsanthin**



**astaxanthin**

## obsah v mg/kg

karotenoidy	meruňka	pomeranč	mrkev	špenát	rajče
<b>karoteny</b>					
lykopen	0,1				16-750
neurosporen					3,0
ξ-karoten	0,4	0,5			8,4
fytofluen	0,3	1,3			5,1
fytoen	0,6	0,4			6,0
<b>β-karoten</b>	<b>64</b>	<b>0,1-0,4</b>	<b>46-103</b>	<b>33-89</b>	<b>2,8-5,8</b>
<b>α-karoten</b>		<b>0,1-0,2</b>	<b>22-49</b>	<b>stopy</b>	
<b>γ-karoten</b>	<b>0,2</b>		<b>6,3-27</b>		<b>0,4-1,6</b>
<b>xanthofyly</b>					
5,6-					5,3
<b>epoxylykopen</b>					
<b>β-kryptoxanthin</b>		<b>0,1-7,1</b>			
zeaxanthin		0,5			
lutein		0,3	1,1-5,6	42-81	0,4-1,3
antheraxanthin		0,6			
violaxanthin		0,7		74	
neoxanthin				24	
mutatoxanthin		0,6		5,0	
luteoxanthin		1,7			
auroxanthin		1,2			

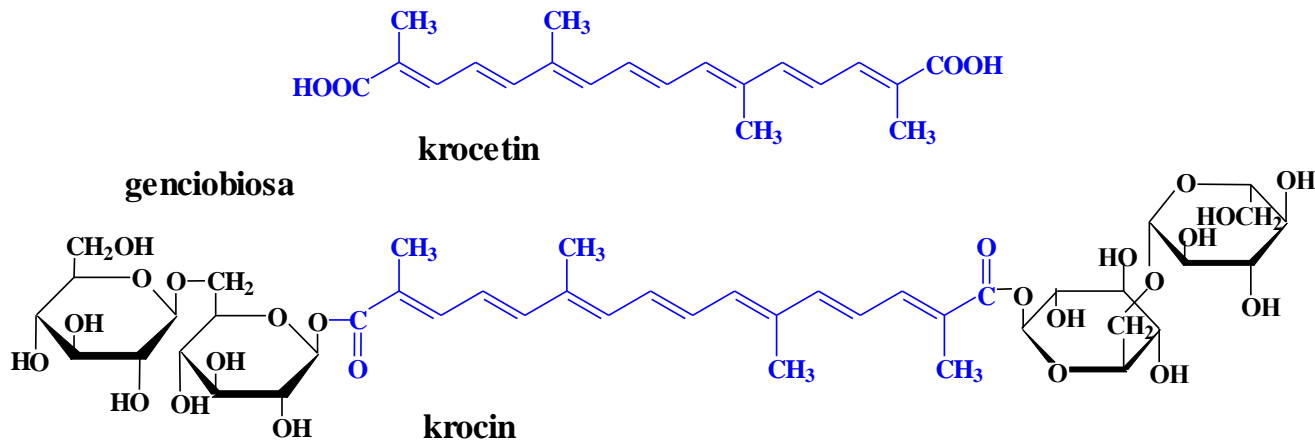


# degradované karotenoidy

## krocín (18 C)

šafrán setý (*Crocus sativus*)

◆ koření



- sušené blizny šafránu setého, 1kg sušeného šafránu se získá zhruba ze 150 000 až 200 000 květů, to vysvětluje vysokou cenu tohoto koření
- vůně je ostrá a pronikavá, chutná teple, zemitě, pižmově

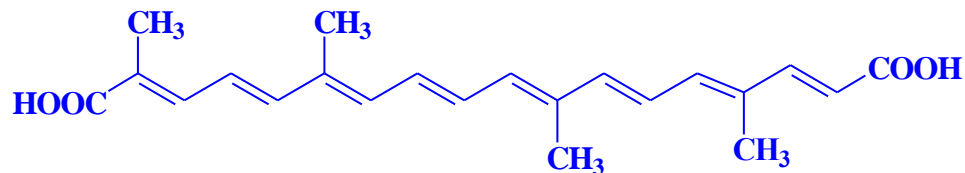
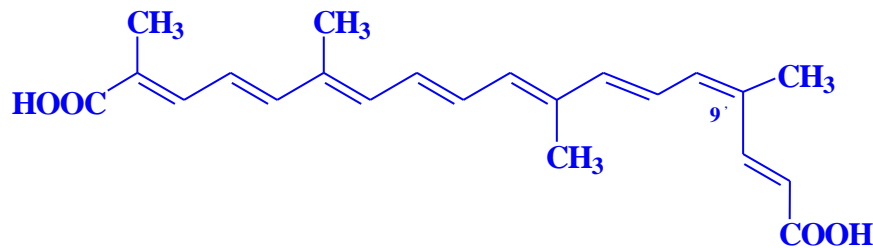
**annato (20 C)**

**oreláník barvířský (*Bixa orellana*)**

- ◆ **extrakt 0,2-0,5 % = směs *cis/trans*-isomerů**
- ◆ **barvení sýrů, margarínů**



keř, který původně rostl v tropických regionech Ameriky, dnes navíc roste v Jihovýchodní Asii



## reakce

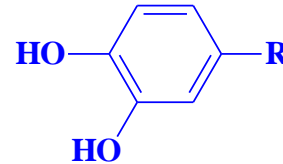
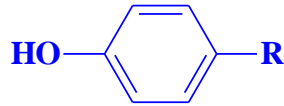
- ◆ hydrolýza esterů, glykosidů
- ◆ dehydratace alkoholů na uhlovodíky
- ◆ *cis/trans* isomerace  
(neokarotenoidy, méně intenzivní zbarvení)
- ◆ autooxidace  
(méně intenzivní zbarvení až odbarvení)
- ◆ antioxidanty, zhášedče singletového kyslíku

## důsledky

- bělení mouky
- změny barvy citrusových džusů
- aróma potravin
- prospěšné složky potravin

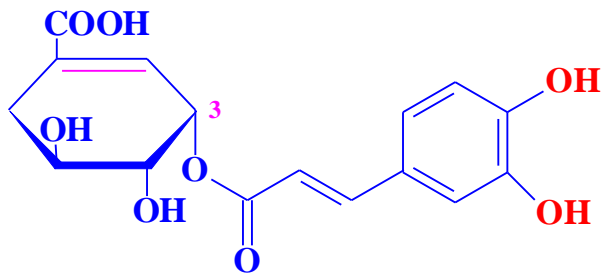
# REAKCE ENZYMOVÉHO HNĚDNUTÍ

## substráty

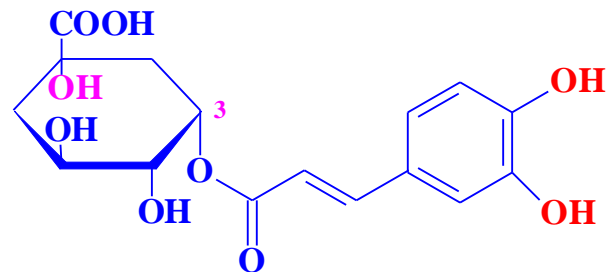


fenoly, difenoly (polyfenoly), estery (depsidy), glykosidy

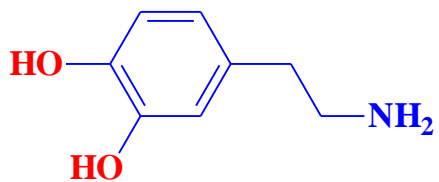
potraviná	substrát
brambory	Tyr, chlorogenová kyselina, flavonoidy (katechiny)
jablka dužnina	chlorogenová kyselina
jablka slupka	flavonoidy (katechiny)
hrušky	chlorogenová kyselina (kávová + chinová)
olivý	3,4-dihydroxyfenylethanol a jeho deriváty
banány	3,4-dihydroxyfenylethylamin
datle	daktyliferová (kávová + šikimová) kyselina
fazole	DOPA
houby	Tyr, terfenylchinony
čaj	flavonoidy (katechiny)
káva	chlorogenová, kávová kyselina
kakao	flavonoidy (katechiny)



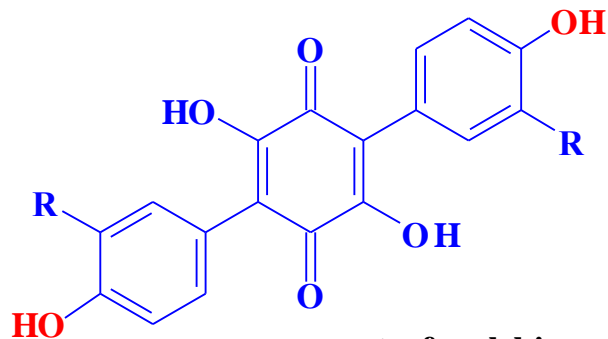
chlorogenová kyselina



daktyliferová kyselina



3,4-dihydroxyfenylethylamin

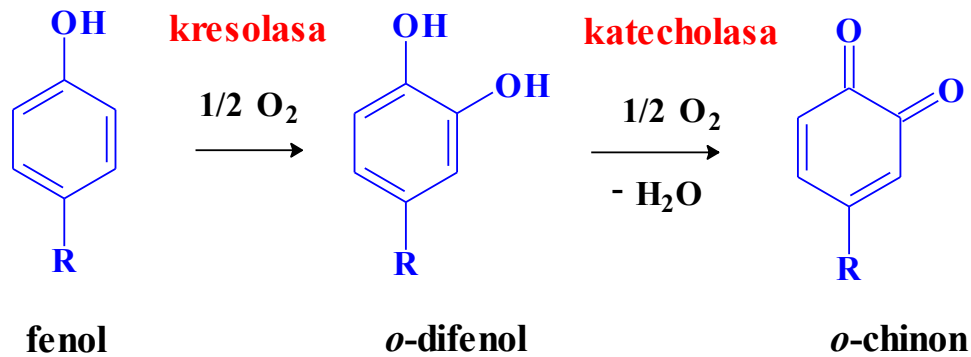


terfenylchinony

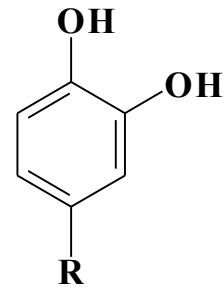
# enzymy

## polyfenoloxidasy

### ◆ katecholoxidasy

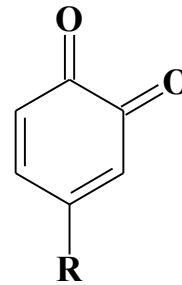
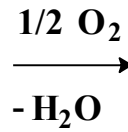


◆ lakkasy

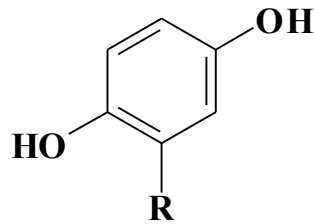


*o*-difenol

**lakkasa**

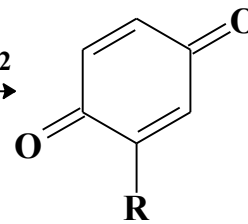
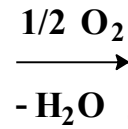


*o*-chinon



*p*-difenol

**lakkasa**



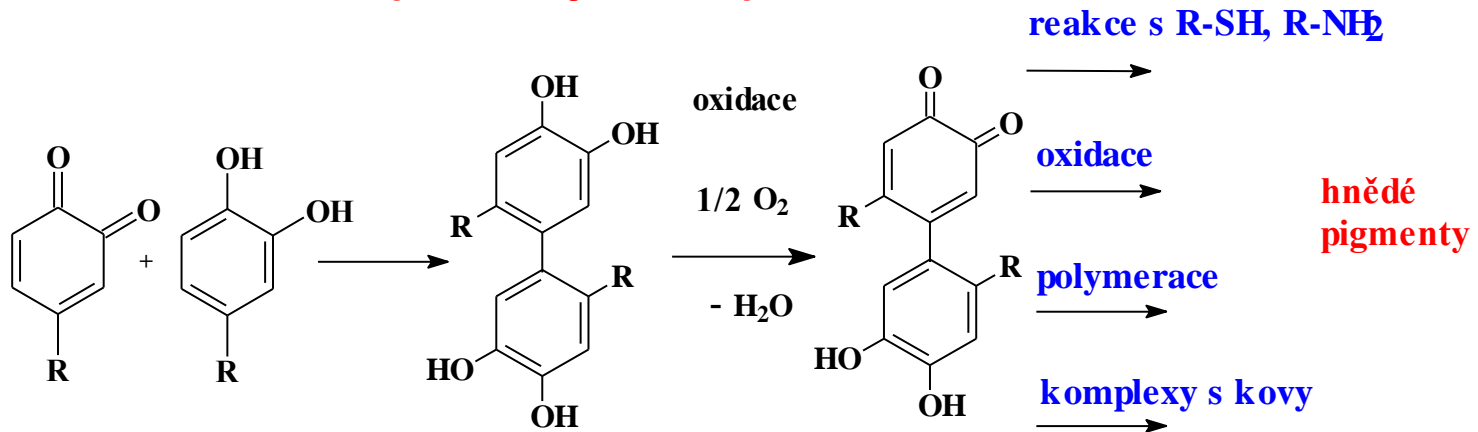
*p*-chinon

oxidace katechinu – žlutý chinon

oxidace chlorogenové kyseliny – žluto-oranžový chinon

oxidace DOPA – růžový chinon

## reakce hnědnutí (neenzymové)



## inhibice hnědnutí

- ◆ inhibice enzymů (eliminace kyslíku, snížení pH)
- ◆ chelatace kovů (Cu<sup>2+</sup>)
- ◆ chemická činidla (askorbová kyselina, SO<sub>2</sub>)

## žádoucí reakce

- ◆ fermentace čaje
- ◆ fermentace kakaa
- ◆ fermentace oliv



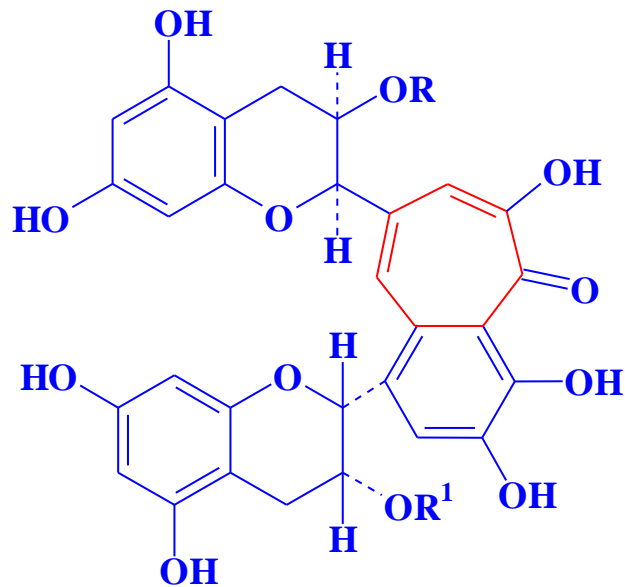
# černý čaj

## prekurzory v zeleném čaji

- ◆ epigallokatechingalláty
- ◆ epikatechiny
- ◆ epikatechingalláty
- ◆ epigallokatechiny

## hlavní druhy pigmentů černého čaje

- ◆ **theaflaviny** (dimerní flavonoidy)  
oranžové - červené (sedmičlenný tropolonový kruh)



- ◆ **thearubiginy** (polymery, 700-400 000 Da)  
červeno-žluté až oranžově-hnědé