



# Barvy očima chemika

Vlastimil Dohnal

pouze pro osobní potřebu

# Barva a výběr potravin

---

- Dle věku, etnické skupiny a sociální třídy
- Příklad:
  - malé dítě - zářivé jasné barvy – sladkosti
    - Jídlo jako senzorický podnět a zábava
  - Dospělost – pastelové barvy
    - Jídlo jako zdroj zdraví apod.



# Barva se mění skladováním

---



(a) 0 hours



(b) 22 hours

# Vnímání barvy potravy

---

- Asociační
  - Bílá –mléko, světle hnědá a zlatá – luxusní jídlo
  - Zima: zahřeje nás pohled na teplé jídlo
- Kulturní symbolika
  - Roastbeef, Yorkšírský pudink = Anglie
- Rodina
  - Každodenní jídlo v běžný čas = bezpečnost
  - Netradičně obarvené jídlo = podezření
- Archetypický symbolismus
  - Červená a žlutá = teplé barvy
  - Modrá a zelená = studené barvy

# Experiment s barvami potravin

---

- Vanilkový puding obarvený do žluta
  - Lidé myslí, že je to citron nebo banán
- Naše chování je dáno stovkami let návyků!
  - Nejedlé plody
    - Modré (nejméně chutná barva, legrační)
    - Černé
    - purpurové
  - Populární barvy
    - Zelená
    - Hnědá
    - červená



# Barviva v historii

---

- 5000 př.n.l.
  - Soli mědi – oční stíny, šafrán – tváře, karmín -rty
- 1500 př.n.l – Egypt
- Šafrán – Homér (Iliada)
- 400 př.n.l. - barvení vína – Plinius (Elder)
- Dále šafrán – rýže, inkoust sépie – černé těstoviny, paprika, různé květy
- Vysoká cena barviv = pouze pro vyšší vrstvy!
  - Víra, že barva znamená nutriční vlastnost a medicínskou účinnost
  - Tmavě červené potraviny – na krev, žluté – léčba Sluncem apod.

# Barviva ve středověku

---

- **Zákony proti falšování**
  - Anglie, král Edward I – chléb
  - Francie, 1396
- **Chléb**
  - z obilí pro vyšší vrstvy
  - Křída, kosti, vápenec pro plebs



# Barviva v novověku

---

- 1900 – více jak 700 syntetických barviv v USA
- Arsenitan měďnatý – zelený pudink
- Bezinky – barvení vína
- Octan měďnatý – barvení čaje nazeleno
- Červené sloučeniny olova – barvení sýrů





# Síla barvy

---

- Rok 1993, USA – „rok čistoty“
  - Crystal Pepsi
  - Bezbarvé pivo (Miller)
  - Bezbarvý benzín Amoco
  - Bezbarvá kosmetika



# Výsledek?

---

- Snížení prodeje
  - Nikdo nechce pít bezbarvé nápoje
- Důvod?
  - 100 let reklamy: kola = tmavý nápoj
  - „tmavá kola“ = „skutečná kola“



- Paradox: 7-Up je bezbarvý od roku 1929, byl původně tmavý

# Jak vnímáme barvy

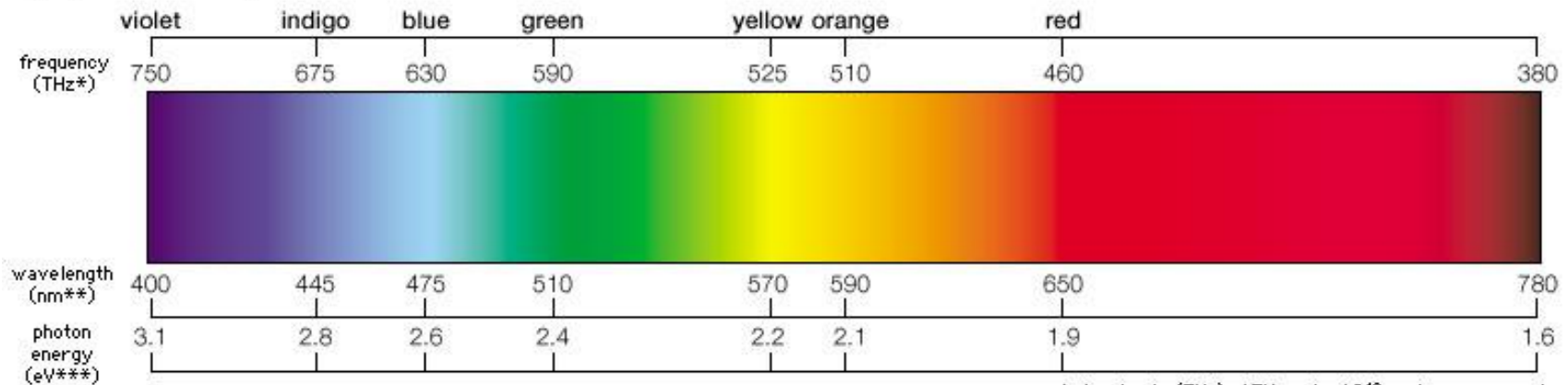
---

# Viditelné světlo



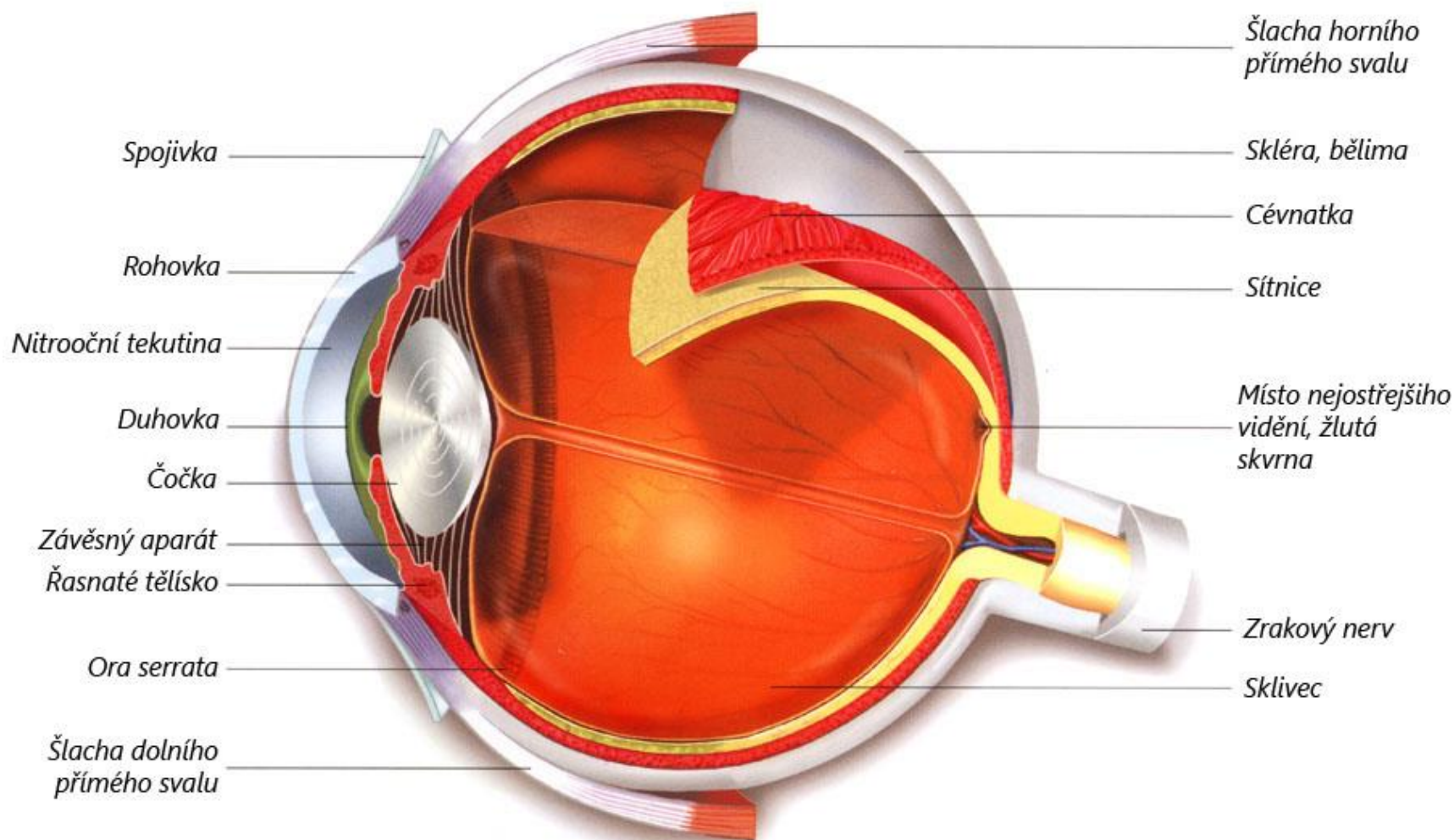
- ▣ Oblast vlnových délek, na které je citlivé lidské oko (400 – 800 nm)
- ▣ Barva je definována vlnovou délkou

Light, the visible spectrum



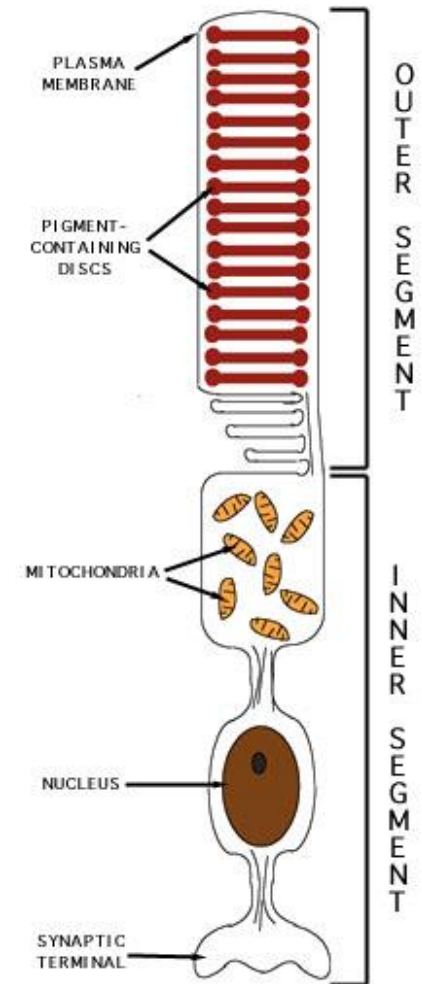
\* In terahertz (THz); 1 THz =  $1 \times 10^{12}$  cycles per second.  
\*\* In nanometres (nm); 1 nm =  $1 \times 10^{-9}$  metre.  
\*\*\* In electron volts (eV).

# Vnímání světla – lidské oko



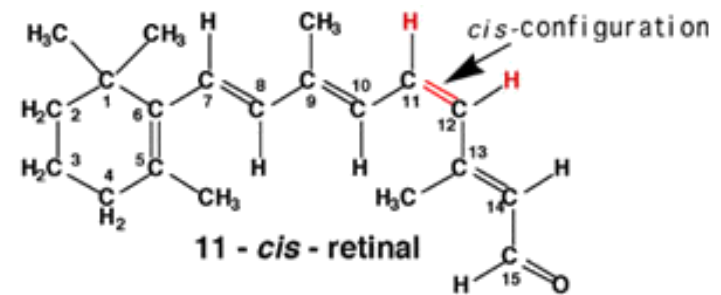
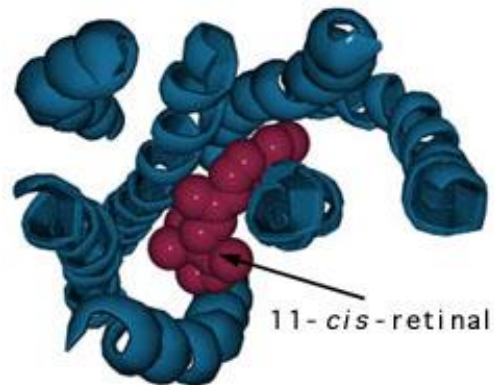
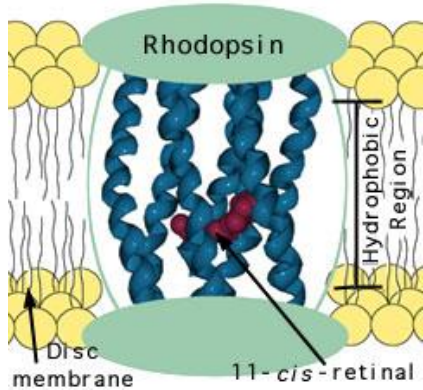
# Oční sítnice

- ❑ Fotocitlivé buňky
  - 7 mil. čípků – barva, ostrost (3 typy jodopsinu)
  - 120 mil. tyčinek – noční vidění (rhodopsin)
- ❑ Na vrcholu buněk je v membráně 11-*cis*-retinal vázaný na protein opsin = rhodopsin
- ❑ Rhodopsin ( $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$ ; zelená) vidíme komplementární barvu – purpurová
- ❑ Poznámka: Rhodopsin absorbuje i UV záření. Neprochází čočkou = nevidíme UV.

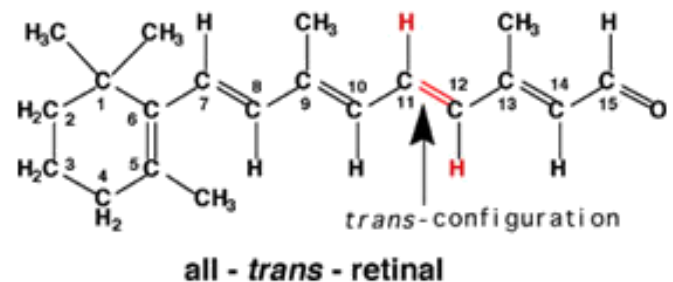
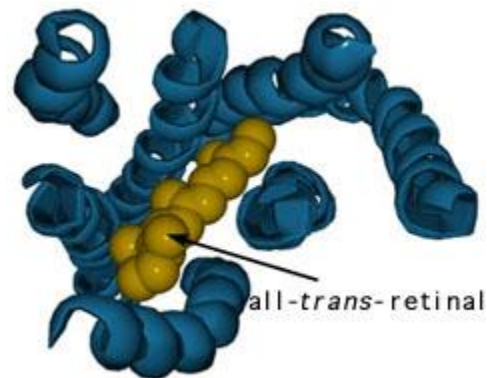
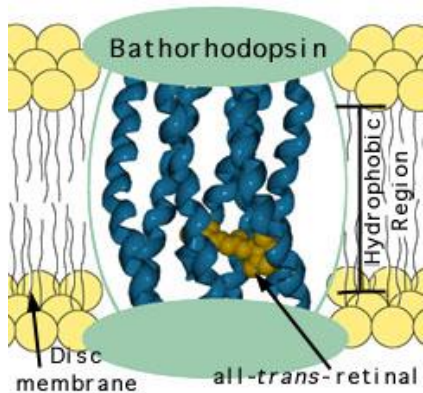


# Oční sítnice – absorpce záření

- ▣ Absorpce záření vede ke změně konfigurace 11-cis-retinalu na all-trans-retinal



Visible light



# Vznik signálu v oku

---



Dopad světla na tyčinku a izomerace retinalu



Rhodopsin je konvertován na metarhodopsin II



Metarhodopsin II aktivuje transducin



Transducin aktivuje fosfodiesterázu



Fosfodiesteráza hydrolyzuje cGMP



Nedostatek cGMP, uzavření Na-kanálků



Membrána je hyperpolarizovaná



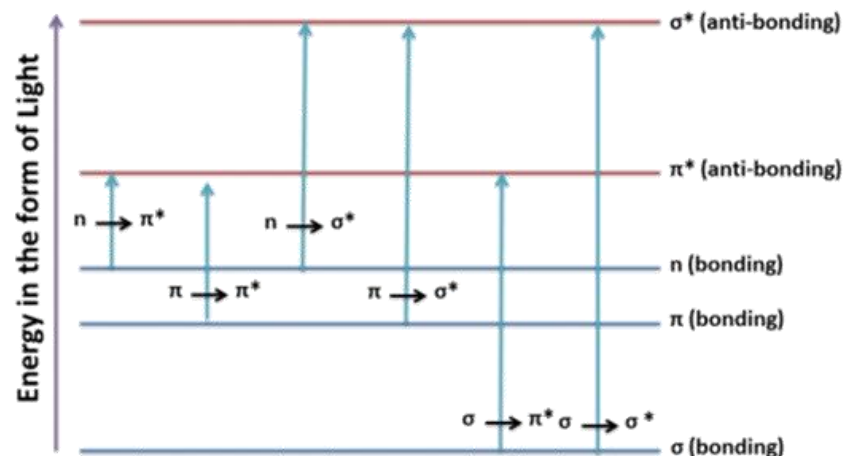
Elektrický impulz je zaslán do mozku



# Proč jsou látky barevné?



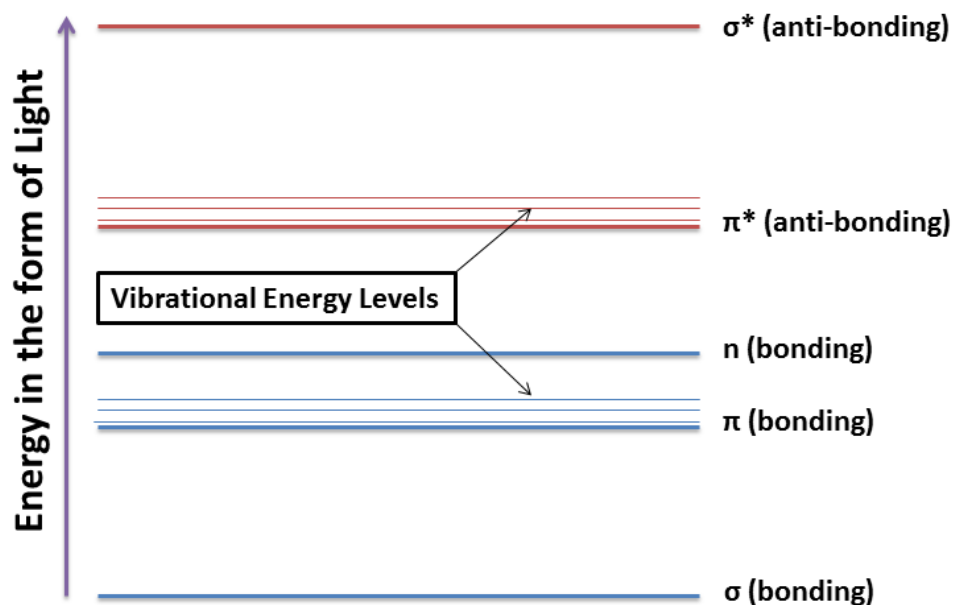
- Absorpce záření o určité vlnové délce
- Přejít elektronů ve vazebných orbitalech
- Rozdíl energií orbitalů = potřebná energie fotonů pro přechod elektronu



Chromofor	Příklad	Excitace	$\lambda_{\max}$ (nm)	Solvent
C = C	Ethen	$\pi \rightarrow \pi^*$	171	Hexan
C = O	Ethanal	$\pi \rightarrow \pi^*$ $n \rightarrow \pi^*$	180 290	Hexan
N = O	Nitrometan	$\pi \rightarrow \pi^*$ $n \rightarrow \pi^*$	200 275	Hexan

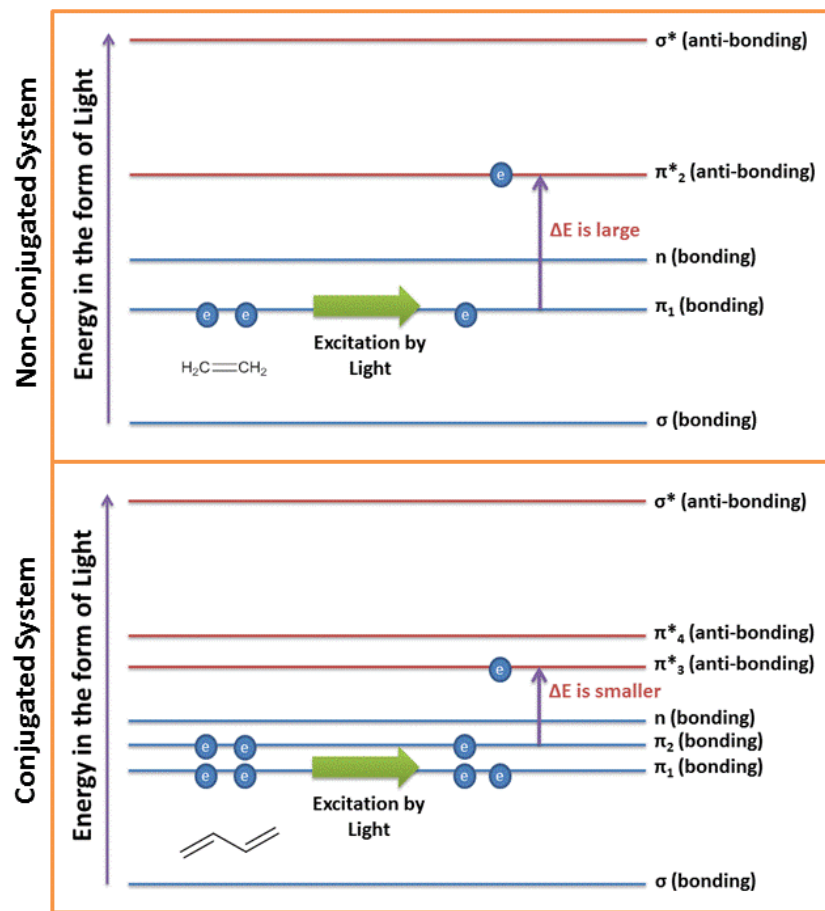
# Absorpční pásy

- Přejít i mezi
  - vibračními a
  - rotačními hladinami
- Neabsorbuje se pouze jedna vlnová délka, ale i ostatní v okolí
- = absorpční pás



# Konjugované násobné vazby

- Snižuje se rozdíl mezi energií hladin
- Absorpce se posouvá k vyšším vlnovým délkám (bathochromní posun, červený posun)



# Viděné vs. absorbované barvy

- Vidíme barvu komplementární k té absorbované



## BARVY A BAREVNÝ KRUH

Barvy jsou v životě člověka velmi důležité a vidíme je všude kolem sebe. Vznikají odrazem světelných paprsků od povrchu předměta. Jejich prostřednictvím dokážeme vyjádřit vlastní pocity a náladu. Správným výběrem barev můžeme vytvořit pokojnou nebo povzbuzující atmosféru a regulovat tak výkon či únavu. Používáním barev umíme komunikovat s okolím, a proto je důležité jim správně porozumět.

**PRIMÁRNÍ BARVY**  
(základní barvy)

MODRÁ  
ŽLTÁ  
ČERVENÁ

**SEKUNDÁRNÍ BARVY**  
(smíchané ze dvou základních)

ZELENÁ  
ORANŽOVÁ  
FIALOVÁ

**TERCIÁRNÍ BARVY**  
(smíchané z primární a sekundární)

INDIGO  
PURPurová  
RYKVOVÁ  
ZELENO-ŽLUTÁ  
ORANŽOVO-ČERVENÁ  
ŽLUTO-ORANŽOVÁ

**BAREVNÝ KRUH**

**CHROMATICKÉ BARVY**

**STUDENÉ BARVY** - ISOU MÍRNĚ A UKLIDŇUJÍ

**TEPLÉ BARVY** - ISOU ŽIVĚ A ENERGIČKÉ

**KOMPLEMENTÁRNÍ BARVY**

- Jsou barvy, které v barevném kruhu leží proti sobě a vytvářejí barevný kontrast

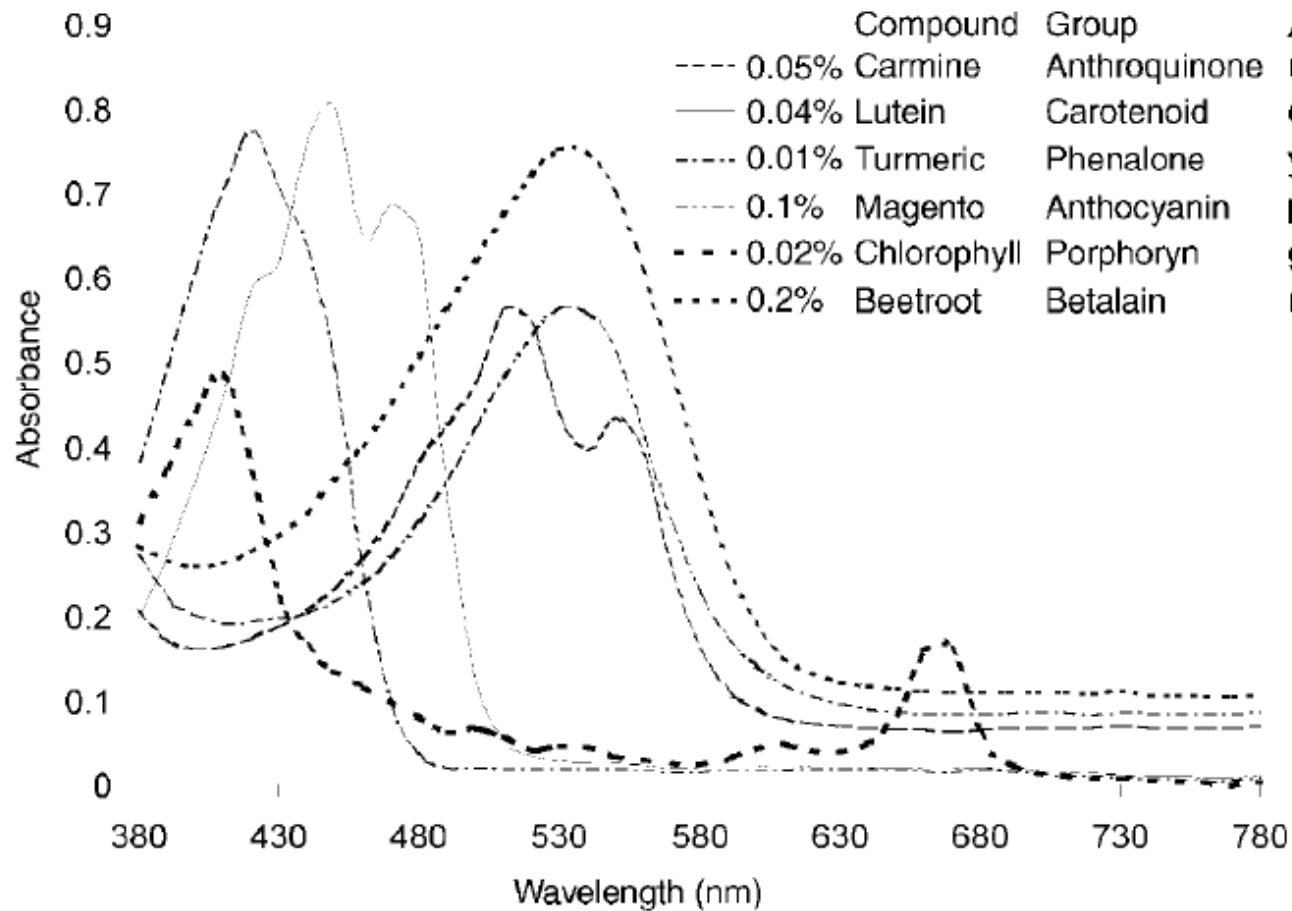
**ACHROMATICKÉ BARVY**

- sem patří barva bílá a černá a různé odstíny šedé

**LOMENÉ BARVY**

- jsou smíchané chromatické a achromatické barvy

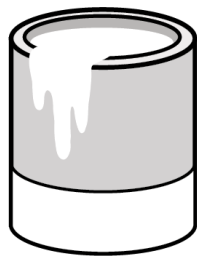
# Absorpční spektra barviv



# Anorganické pigmenty



**CARBON BLACK**  
Carbon  
C



**TITANIUM WHITE**  
Titanium dioxide,  $\text{TiO}_2$   
**ANTIMONY WHITE**  
Antimony trioxide,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$   
**ZINC WHITE**  
Zinc Oxide,  $\text{ZnO}$



**COBALT VIOLET**  
Cobalt (II) phosphate  
 $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$



**ULTRAMARINE BLUE**  
 $\text{Na}_6\text{Al}_4\text{Si}_6\text{S}_4\text{O}_{20}$   
**PRUSSIAN BLUE**  
Ferric hexacyanoferrate,  $\text{Fe}_3(\text{CN})_{18}$   
**COBALT BLUE**  
Cobalt (II) aluminate,  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$



**CERULEAN BLUE**  
Cobalt (II) stannate  
 $\text{Co}_2\text{SnO}_4$



**CHROME GREEN**  
Chromium (III) oxide  
 $\text{Cr}_2\text{O}_3$



**VIRIDIAN GREEN**  
Hydrated chromium (III) oxide  
 $\text{Cr}_2\text{O}(\text{OH})_4$



**CADMIUM YELLOW**  
Cadmium sulfide,  $\text{CdS}$   
**CHROME YELLOW**  
Lead chromate,  $\text{PbCrO}_4$   
**ZINC YELLOW**  
Zinc chromate,  $\text{ZnCrO}_4$



**CADMIUM ORANGE**  
Cadmium sulfoselenide  
 $\text{Cd}_2\text{SSe}$



**CADMIUM RED**  
Cadmium selenide,  $\text{CdSe}$   
**RED OCHRE**  
Iron (III) oxide,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

# Pokus: Tajné písmo

---

- ❑ Pomůcky: 2 kádinky 250 ml, štětec, balicí papír, molitanová hubka  
Chemikálie: chlorid železitý  $\text{FeCl}_3$ , hexakynoželeznatan draselný  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (žlutá krevní sůl)
- ❑ Postup: Připravíme si 5% roztoky chloridu železitého a hexakynoželeznatanu draselného. Na balicí papír napíšeme štětcem roztokem chloridu železitého zprávu. Po zaschnutí tajné písmo vyvoláme potřením molitanovou houbou namočenou v roztoku žluté krevní soli. Objeví se modrý nápis.
- ❑ Rovnice:  $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$
- ❑ Vysvětlení: Vzniklá modrá sraženina je známá „berlínská modř“.
- ❑ Metodická poznámka: koncentrace roztoku závisí na kvalitě použitého papíru

# Pokus: Zkouška statečnosti

---

- ❑ Pomůcky: 2 ks misek, vata, příborový nůž
- ❑ Chemikálie: thiokyanatan draselný KSCN, chlorid železitý FeCl<sub>3</sub>
- ❑ Postup: Připravte do dvou misek koncentrované roztoky thiokyanatanu draselného a chloridu železitého. Váš pomocník nyní může podstoupit indiánskou zkoušku statečnosti. Část jeho těla (např. zápěstí) potřete „dezinfekčním“ roztokem (roztok chloridu železitého). Potom dezinfikujte i kuchyňský nůž, ale roztokem thiokyanatanu. Tahy tupou stranou nože vytváříte na těle oběti krvavé stopy.
  
- ❑ Rovnice:  $3 \text{KSCN} + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3 \text{KCl}$
- ❑ Vysvětlení: Krev vytváří tmavočervená sloučenina thiokyanatanu železitého.
  
- ❑ Metodické poznámky: efektní pokus, roztoky musí být koncentrované, pro thiokyanatan se dříve používal název rhodanid



# Přírodní barviva

---



# Přírodní barviva

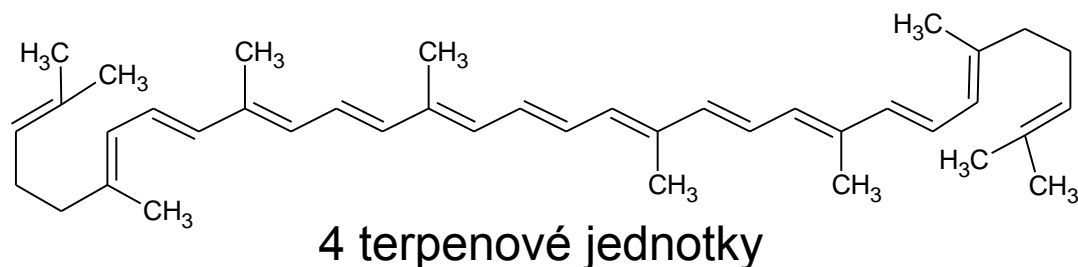
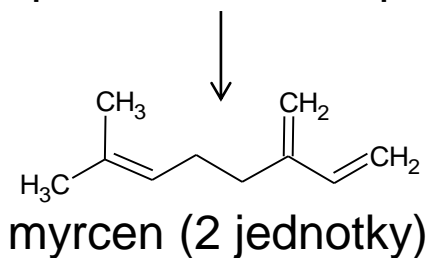
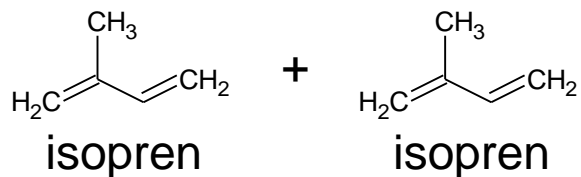
---

Hlavní skupina	Podskupiny
Isoprenoidy	Karotenoidy, Xantofyly
Tetrapyroly	Chlorofyly, Porfyriny Hemová barviva, Biliny
Benzopyrany	Antokyaniny, Flavony Flavonoidy, Taniny
Artefakty	Melanoidiny, Karamel
Ostatní	Iso-alloraziny, Phenalony Betalainy, Antrachinony, Uhlí Anorganická barviva



# Isoprenoidy

- ▣ Nejčastěji 8 isoprenových jednotek
- ▣ Nejméně 7 konjugovaných dvojných vazeb je třeba k barevnosti



# Isoprenoidy

---

- Karotenoidy (tetraterpenoidy)
  - Chemické dělení
    - Karoteny (uhlovodíky)
    - Xantofyly (obsahují keto či hydroxyl skupinu)
  - Dle struktury
    - Acyklické
      - lykopen
    - Cyklické
      - 1 kruh  $\gamma$ -karoten
      - 2 kruhy  $\alpha$ - a  $\beta$ -karoten (tail-tail 2x vitamin A)

# Karotenoidy

---



komplex karotenoidy-chlorofyl-protein  
zelená listová zelenina  
(karotenoidy brání fotooxidačnímu poškození)



kapsanthin - papriky



lykopen  
červená rajčata



$\alpha$ - a  $\beta$ -karoten  
kořen karotky, oranžové batáty aj.



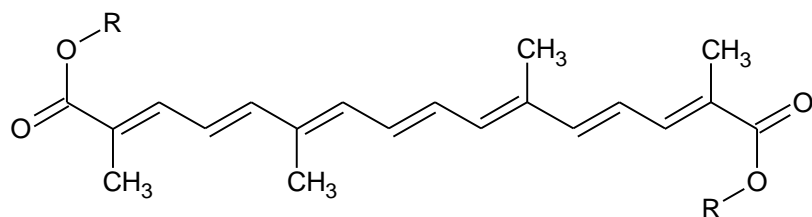






# Šafrán

- Oranžovožluté barvivo
- Nejvýznamnější je glukosid crocetin ( $\alpha$ -crocetin; žlutooranžový)
- Směs karotenoidů: zeaxanthin, lykopen,  $\alpha$ - a  $\beta$ -karoteny.



R = H, crocetin  
R = gentobiose, crocin



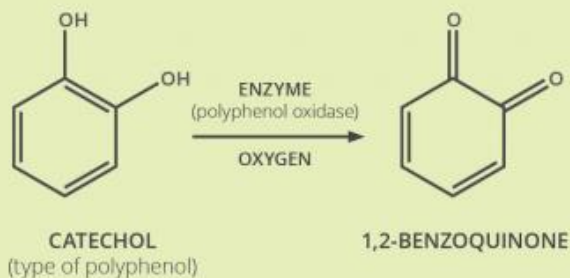
# Oxidace karotenoidů

---

- Oxidace nenasycených dvojných vazeb
  - Spontánní radikálová řetězová reakce
  - Fotooxidace
  - Oxidace vázaná na lipidický systém (karotenoidy jako antioxidanty)
    - tvorba epoxidů (zavařené ovoce), izomerace na furanoxid = silná ztráta barevnosti
    - cis-trans izomerace (běžně all-trans)
    - vložení jedné cis-vazby = posun  $\lambda_{\max}$  o 2-5 nm.
    - Vaření, kyseliny, světlo
- Výsledek: ztráta zbarvení

# Catechol (avokádo)

## WHAT MAKES AVOCADO GO BROWN?



Avocados contain a class of compounds called phenols. These compounds can be converted to compounds called quinones when exposed to oxygen in the air - this process is hastened by the enzyme polyphenol oxidase.

Some of these quinone compounds are toxic to bacteria, and so the process is beneficial for the fruit. However, the quinones can also react with themselves to form long polymer chains, causing the brown colouration. This also occurs in many other fruits. Avocados brown quickly as they have a large amount of polyphenol oxidase.

The polymeric compounds causing the brown colouration are melanin pigments. Melanin is also the primary pigment determining skin colour in humans.



## PREVENTING THE BROWNING OF AVOCADOS



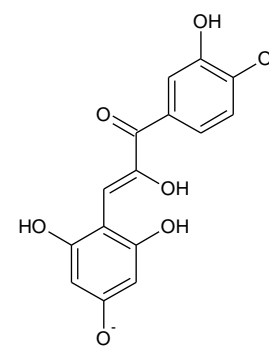
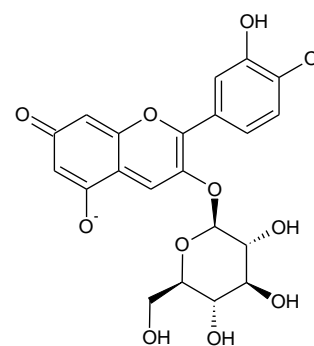
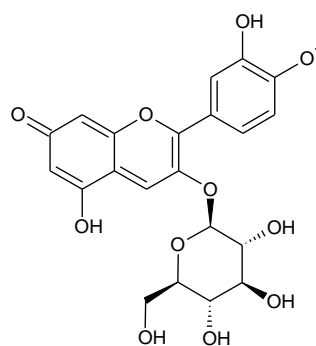
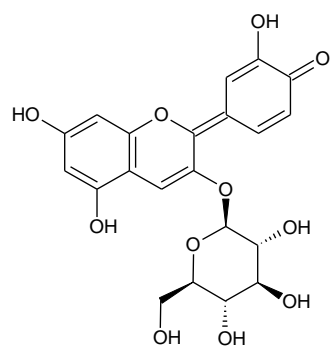
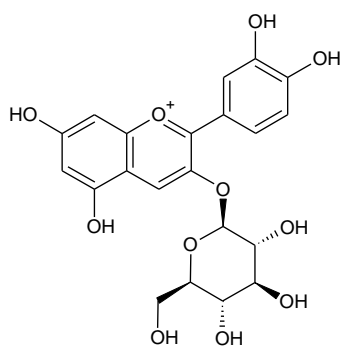
Contrary to popular belief, leaving the stone in the avocado or guacamole doesn't slow browning, as it doesn't block oxygen. Covering with clingfilm can block oxygen, and hence delay browning. Adding lemon or lime juice, or chilling the avocado, can also delay browning, as it inhibits the activity of the polyphenol oxidase enzyme.

# Deriváty benzopyranu

---

- Základ struktury anthocyanidinů, flavinů a taninů
- Anthocyanidiny – základní struktura s hydroxylovými skupinami; možnost konjugace se sacharidy
- Flavonoidy – keto či hydroxyl skupina v poloze 4
- Taniny – složité molekuly např. vznikající v čaji (katechin –  $\delta$ -chinon – dimerizace - polymerace na theorubiginy).
  - Hnědnutí vína = tvorba taninů polymerací antokyanů a flavonoidů.

# Cyanidin a pH



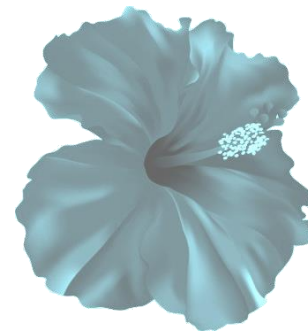
pH < 3  
červený

pH = 6-7  
purpurový

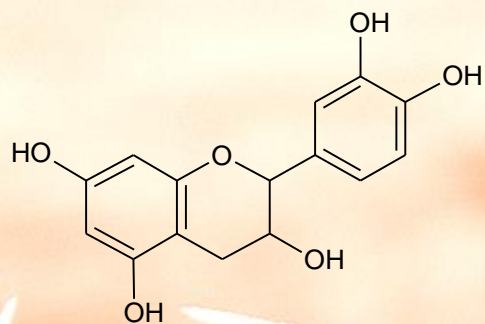
pH = 7-8  
modrý

pH 8-10  
světle modrý

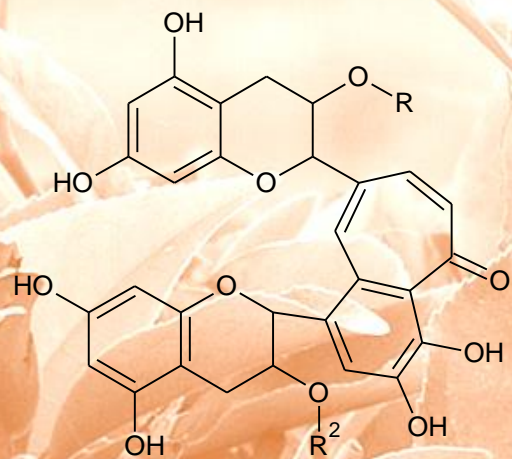
pH > 11  
žlutý



# Taniny



catechin



theaflavin

zelený čaj

žlutý čaj

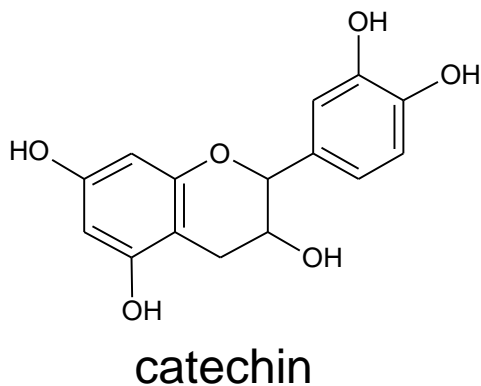
oolong

černý čaj



# Catechin

- Komplexy s kovy
  - $\text{Al}^{3+}$  – žlutohnědý
  - $\text{Cr}^{3+}$  – červenohnědý
  - $\text{Fe}^{3+}$  – hnědočerný
  - $\text{Cu}^{2+}$  – středně hnědý
- „tar-black tea“
  - Čaj + med s  $\text{Fe}^{3+}$



# Pokus: Duběnkový inkoust

---

- ❑ Pomůcky: kádinka, skleněná tyčinka, třecí miska, filtrační aparatura, kahan  
Chemikálie: síran železnatý  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  (zelená skalice)
- ❑ Postup: Tříslový extrakt získáte rozdrcením a vyvařením duběnek (hálek z dubových listů) nebo smrkové kůry. Ke zfiltrovanému roztoku přidáme nasycený roztok zelené skalice v objemovém poměru 1:1. Vznikne tmavomodrý roztok, který lze použít jako inkoust.
- ❑ Vysvětlení: Reakcí tříslového extraktu se síranem železnatým vzniká modrý tříslan železitý.
- ❑ Metodické poznámky:
  - hálky jsou méně dostupné; extrakt musí být koncentrovaný; pokus dlouhodobý, vhodný spíše do chemického praktika





# Anthocyaniny

---

- Růžové a červené zbarvení ovoce a zeleniny, jsou i žluté a bezbarvé
- Přibližně 0,1-1 % suché hmoty
- Skládají se z aglykonu (anthocyanidin), cukerné složky a někdy fenolické/organické kyseliny
  - Známo 22 aglykonů, 18 v přírodě, nejčastěji pelargonidin, cyanidin, delphinidin, peonidin, petunidin a malvidin
  - Cukerná složka: glukóza, rhamnóza, galaktóza, arabinóza, xylóza, glukuronová kyselina v poloze 3,5 nebo 7-OH.
  - Acylace: fenolické kyseliny – p-kumarová, ferulová, vanilová, kafeinová, malonová, octová aj.
- Více jak 4 000 látek

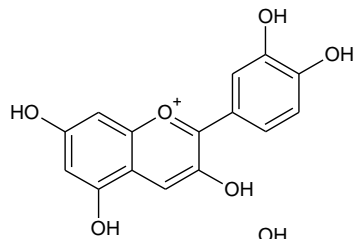
# Anthocyaniny

---

- ❑ Nestabilní – ovlivněny pH, světlem, teplem, kyslíkem, železem, mědí, cínem či kyselinou askorbovou
- ❑ pH – kyselé prostředí – oranžová, červená, purpurová
- ❑ červená ředkev, červené zelí, karotka



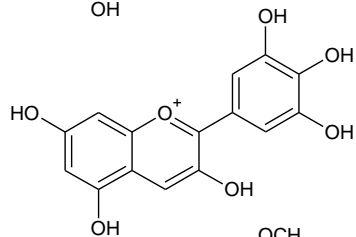
# E 163i (červené víno)



cyanidin

červený,  
modrý

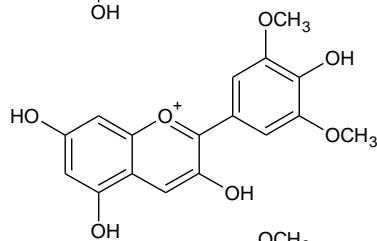
chrpa  
*Cyanus*



delphinidin

purpurový

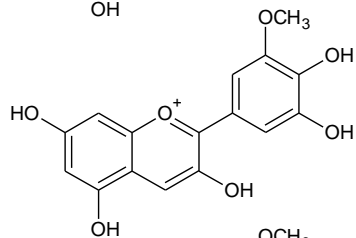
stračka  
*Delphinium*



malvidin

červený,  
modrý

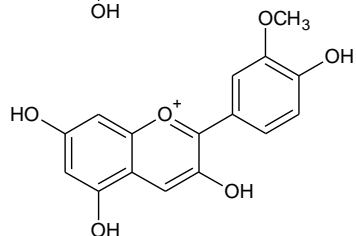
sléz  
*Malva*



petunidin

červený,  
oranžový

petunie  
*Petunia*



peonidin

růžový

pivoňka  
*Paeonia*



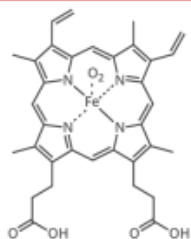
# Deriváty porfinu (krevní barviva)



**Red**

**HUMANS AND THE MAJORITY OF OTHER VERTEBRATES**

## HAEMOGLOBIN



**HAEM B**  
(oxygenated form)

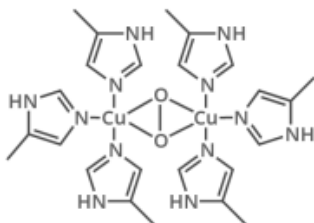
Haemoglobin is a protein found in blood, built up from subunits containing 'haems'. These haems contain iron, and their structure gives blood its red colour when oxygenated. Deoxygenated blood is a deep red colour - not blue!



**Blue**

**SPIDERS, CRUSTACEANS, SOME MOLLUSCS, OCTOPUSES & SQUID**

## HAEMOCYANIN



**HAEMOCYANIN**  
(oxygenated form)

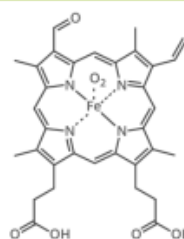
Unlike haemoglobin, which is bound to red blood cells, haemocyanin floats free in the blood. Haemocyanin contains copper instead of iron. When deoxygenated, the blood is colourless, but when oxygenated, it gives a blue colouration.



**Green**

**SOME SEGMENTED WORMS, SOME LEECHES, & SOME MARINE WORMS**

## CHLOROCRUORIN



**CHLOROCRUORIN**  
(oxygenated form)

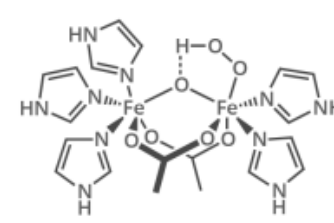
Chemically similar to haemoglobin; the blood of some species contains both haemoglobin & chlorocruorin. Light green when deoxygenated, it is green when oxygenated, although when more concentrated it appears light red.



**Violet**

**MARINE WORMS INCLUDING PEANUT WORMS, PENIS WORMS & BRACHIOPODS**

## HAEMERYTHRIN



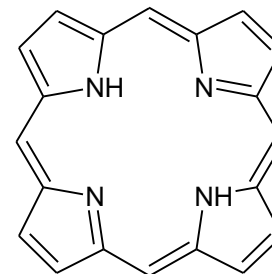
**HAEMERYTHRIN**  
(oxygenated form)

Haemerythrin is only 1/4 as efficient at oxygen transport when compared to haemoglobin. In the deoxygenated state, haemerythrin is colourless, but it imparts a violet-pink colour when oxygenated.

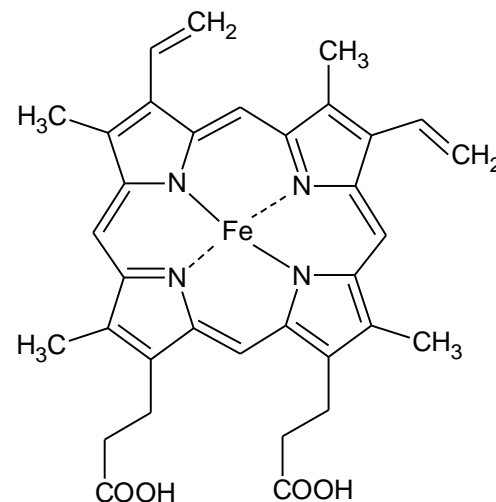


# Deriváty porfyriu

- Planární molekula
- Volný porfyrin má  $\lambda_{\max} = 550\text{-}600\text{ nm}$ ; silně substituovaný 400 nm
- Centrální atom kovu vázaný na 4 pyrolová jádra (porfyrinový kruh)
  - $\text{Mg}^{2+}$  – chlorofyly
  - $\text{Fe}^{2+}$  – hemichromy (hemoglobin, myoglobin)
    - Prostetická skupina vázaná na globin
    - Schopnost vázat další molekuly ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$  aj.)
- Degradovaný hem
  - bilirubin (žluč; oranžovočervená)
  - biliverdin (žluč; zelená)
  - sterkobilin (střeva; žlutooranžový)



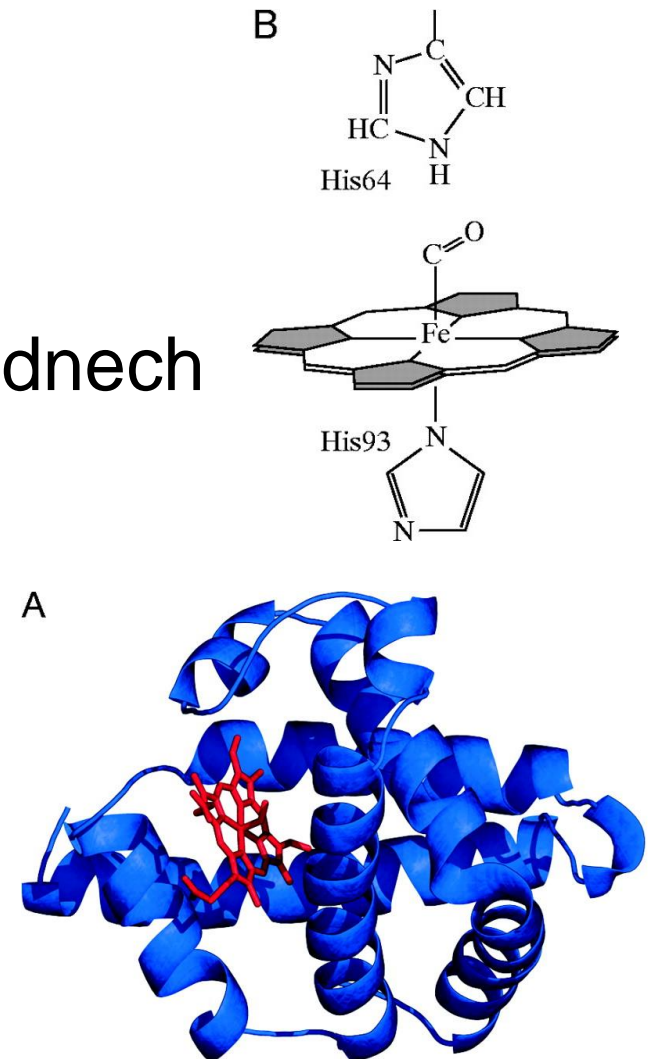
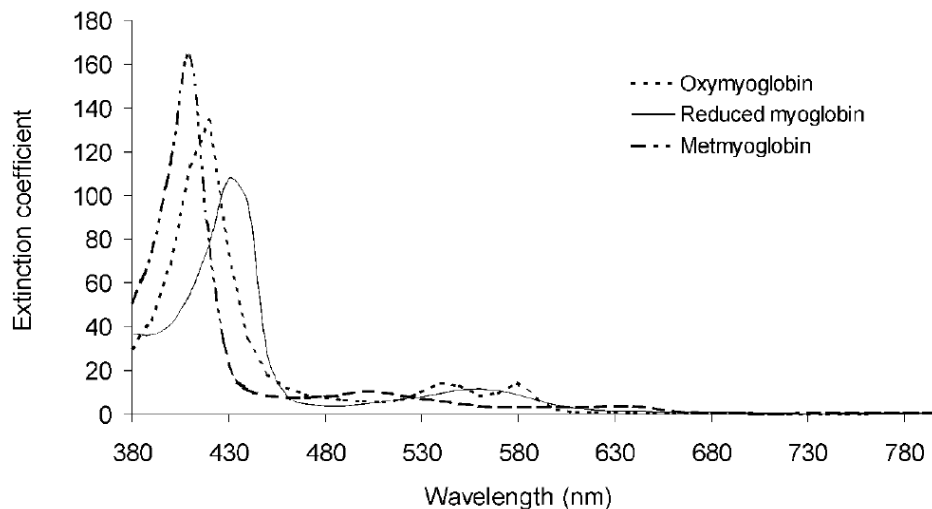
porfyrin



hem

# Myoglobin

- Zbarvení masa
- Komplex globin-hem
- Oxidace  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$  (methemoglobin). Maso po 2-3 dnech v ledničce



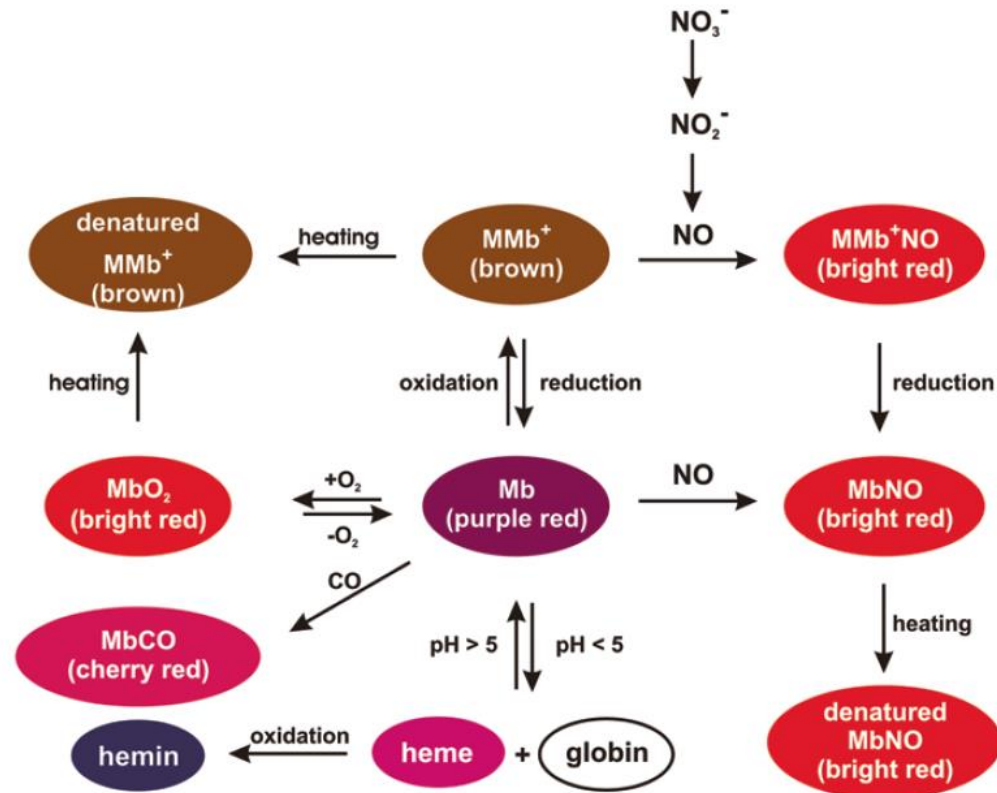
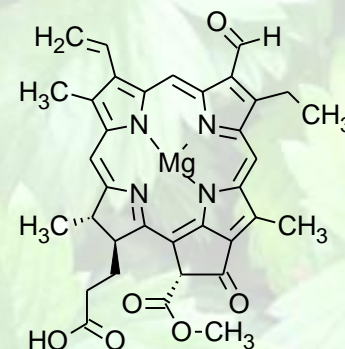


Fig. 2.15 Transformations of myoglobin and its derivatives (*Mb* myoglobin, *MMb<sup>+</sup>* metmyoglobin, *MbO<sub>2</sub>* oxymyoglobin, *MbCO* carboxymyoglobin, *MbNO* nitrosomyoglobin, *MMb<sup>+</sup>NO* nitrosometmyoglobin). (Authors' own work)

# Chlorofyly

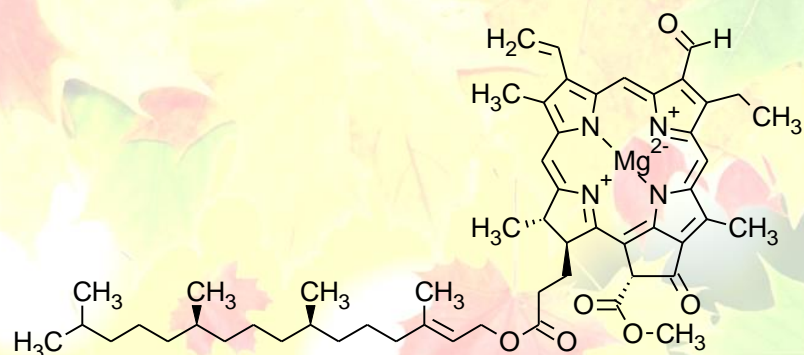
- Zelená barva zeleniny = indikátor čerstvosti
- Všechny zelené rostliny mají **chlorofyl a** a **chlorofyl b**
  - Vyšší rostliny 3:1; na slunci 3,2-4,0:1, ve stínu 2,6-3,2:1
  - Po smrti listu se chlorofyl a odbourává rychleji než chlorofyl b
- Ztráta  $Mg^{2+}$  - degradace na olivově hnědý pheofytin, pheophorbidy a pyropheofytiny a pyropheophorbidy
- Zachování  $Mg^{2+}$  - zelené degradační produkty – chlorofylidy, pyrochlorofyly, hydroxychlorofyly
  - Možnost nahrazení  $Mg^{2+}$  ionty  $Zn^{2+}$  či  $Cu^{2+}$



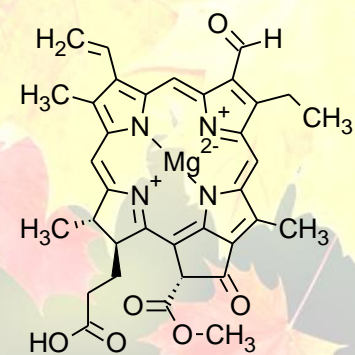
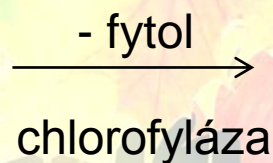
Chlorofyl b



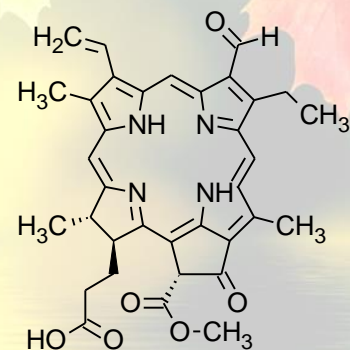
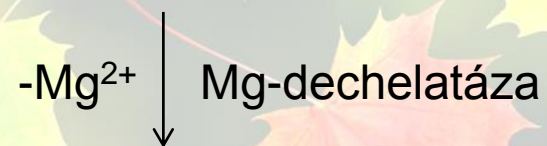
# Příklad degradace chlorofylu



Chlorofyl b



chlorophylid

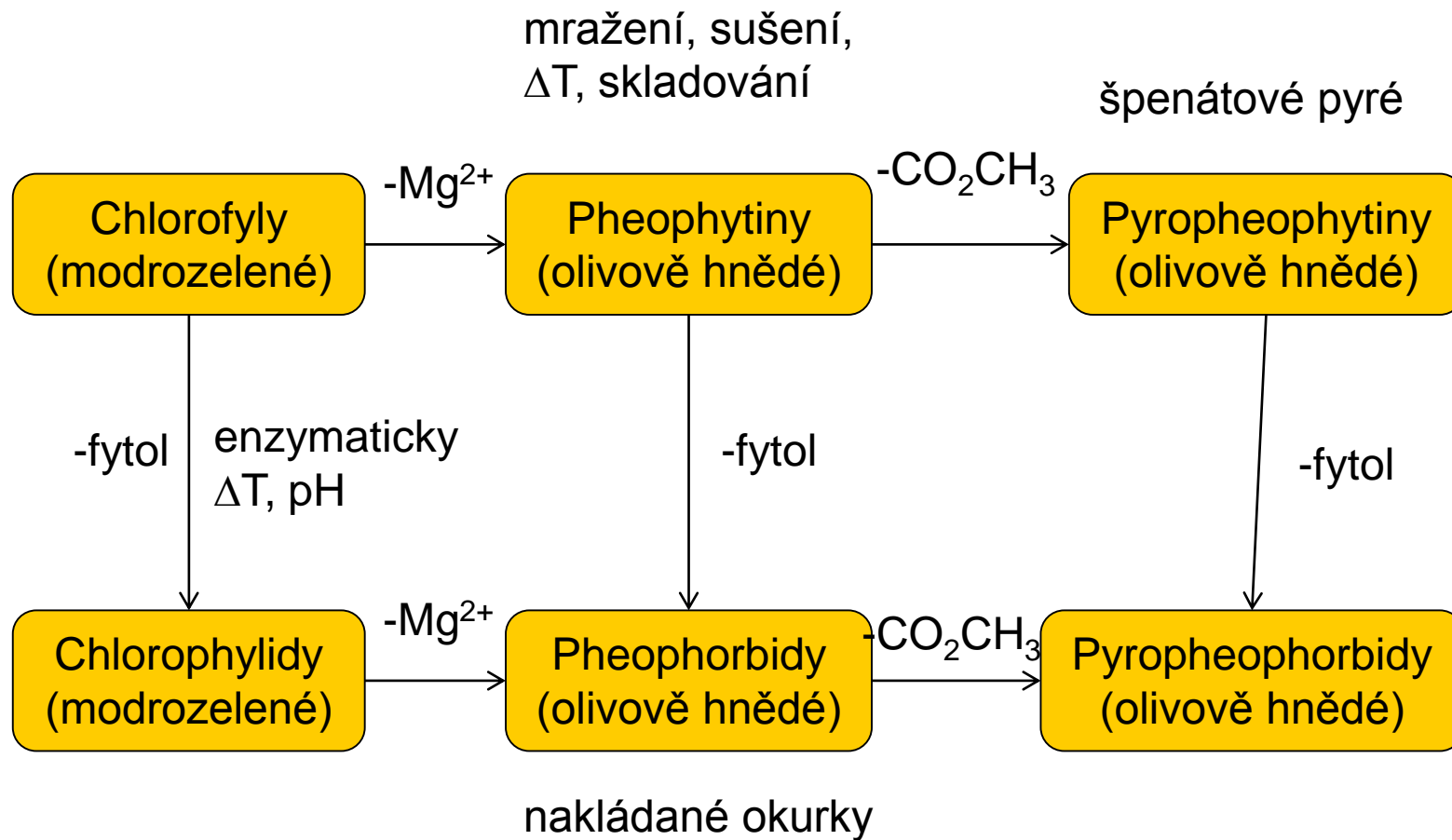


pheophorbid

Bezbarvé produkty



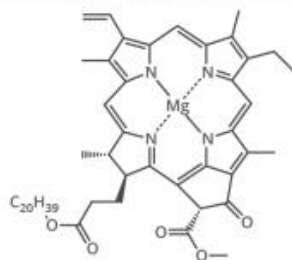
# Degradace chlorofylů



# Barvy podzimního listí



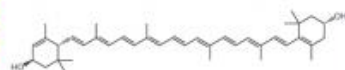
## CHLOROPHYLL



**CHLOROPHYLL A**  
*A type of porphyrin*

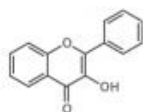
Chlorophyll is the chemical that gives plant leaves their green colour. Plants require warm temperatures and sunlight to produce chlorophyll - in autumn, the amount produced begins to decrease, and the existing chlorophyll is slowly broken down, diminishing the green colour of the leaves.

## CAROTENOIDS & FLAVONOIDS

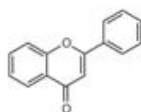


**LUTEIN**  
*A type of carotenoid*

Carotenoids and flavonoid pigments are always present in leaves, but as chlorophyll is broken down in the autumn their colours come to the fore. Xanthophylls, a subclass of carotenoids, are responsible for the yellows of autumn leaves. One of the major xanthophylls, lutein, is also the compound that contributes towards the yellow colour of egg yolks.

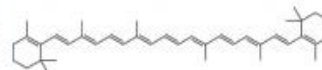


**FLAVONOL**  
*(general structure)*



**FLAVONE**  
*(general structure)*

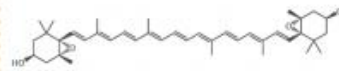
## CAROTENOIDS



**B-CAROTENE**  
*A type of carotenoid*

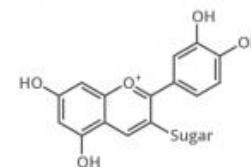
Carotenoids can also contribute orange colours. Beta-carotene is one of the most common carotenoids in plants, and absorbs green and blue light strongly, reflecting red and yellow light and causing its orange appearance. It is also responsible for the orange colouration of carrots.

Carotenoids in leaves start degrading at the same time as chlorophyll, but they do so at a much slower rate; beta-carotene is amongst the most stable, and some fallen leaves can still contain measurable amounts.



**VIOLAXANTHIN**  
*A type of carotenoid*

## ANTHOCYANINS & CAROTENOIDS



**ANTHOCYANIN**  
*(general structure)*

Unlike the carotenoids, anthocyanin synthesis is kick-started by the onset of autumn - as sugar concentration in the leaves increases, sunlight initiates anthocyanin production. The purpose they serve isn't clear, but it's been suggested that they help protect the leaves from excess light, prolonging the amount of time before they fall.



**LYCOPENE**  
*A type of carotenoid*

# Pokus: Chromatografie barviv

- ❑ Pomůcky: šroubovací sklenice, listy, alkohol (isopropanol), horká voda, hrnec
- ❑ Postup: nastříhejte listy na proužky, dejte do skleniček, zalijte alkoholem, uzavřete a dejte do horké vody. Po vyluhování barviv pověste proužky filtračního papíru a spodní konec ponořte do skleničky. Nechte vyvíjet.
- ❑ Tip: Vyzkoušejte listy v různém stadiu barevnosti.
- ❑ [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=qH-AJDqsSII](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=qH-AJDqsSII)



# Melaniny, melanoidy a karamel

---

- Složité polymerní molekuly
- Melanin – přirozené šedé, hnědé a černé barvivo rostlin a živočichů
- Melanoidy - vznikají neenzymatickým hnědnutím, např. zahřátím
  - Vznikají Maillardovou reakcí (reakce redukcujících cukrů a primárním/sekundárním aminem) = reakce sacharidů a bílkovin
  - jsou i nízkomolekulární (voní)
- Karamel – vzniká ze sacharidů

# Melaniny, melanoidy a karamel

---

- Zahřívání potravin vede k neenzymatickému hnědnutí a produkci aromatických látek
  - Chlebová kůrka, hnědá kůrka na cukrovinkách, toast apod.
  - Pražení kávy
- Tmavnutí čaje a jeho vůně
  - Enzymatický proces



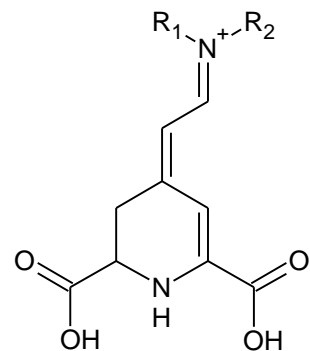
# Další barviva - betalainy

---

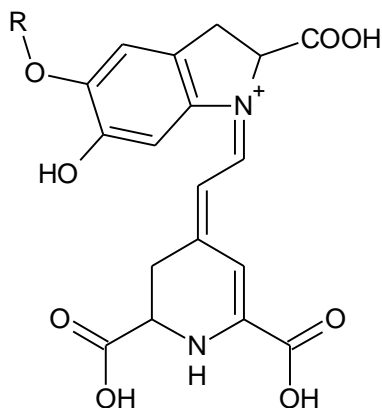
- Barva z rostlin Carophyllales
  - Betakyaniny (růžovo-červené) – betanin, isobetanindin
  - Betaxantiny (žluté) – nemají aromatický kruh – vulgaxanthin-1
- Dusíkaté antokyaniny s dusíkem v jejich cyklické struktuře
- Také jako glykosidy
- Červená řepa, cukrová řepa, fíky z opuncie, líčidlo jedlé
- 50 barviv



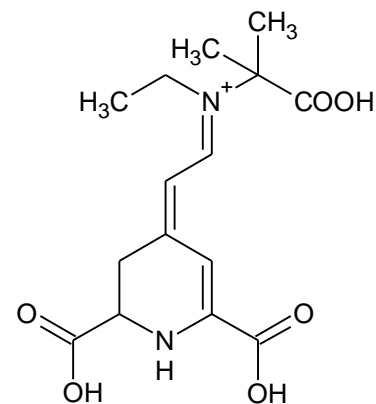
# Betalainy



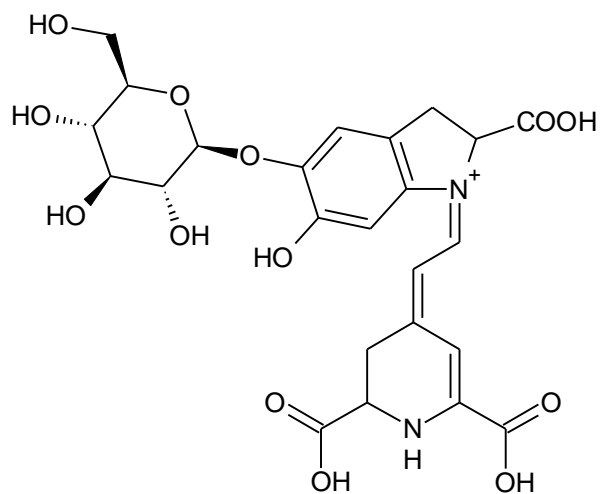
obecná struktura



betacyanin



betaxanthin



betanin, E 162

pH 4-5; modrá až červená  
pH > 5; modrofialová  
pH >7 žlutohnědá

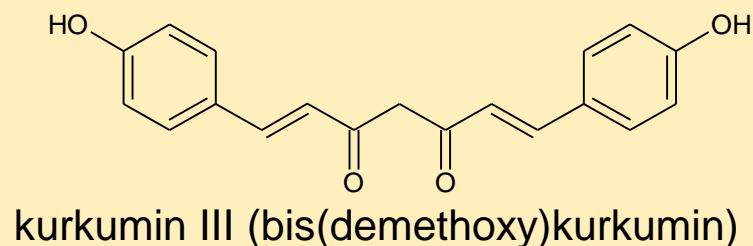
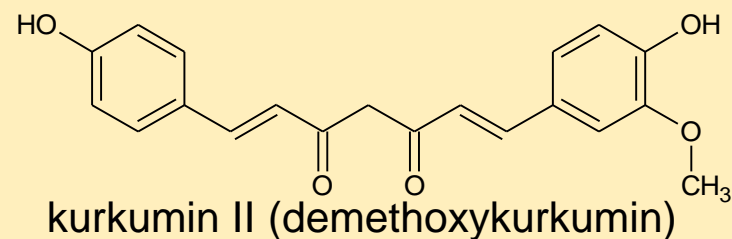
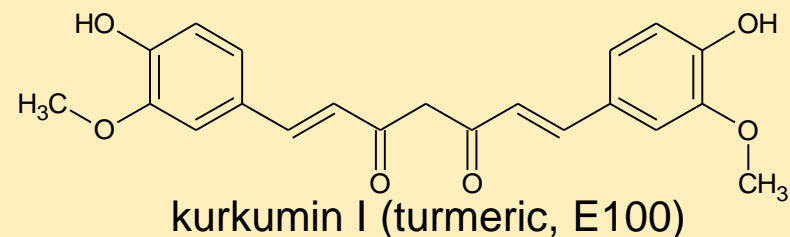


*Beta vulgaris*



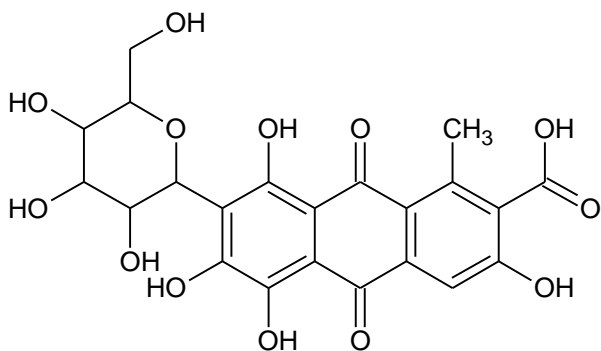
# Fenolony

- Získává se z kurkumy (*Curcuma longa*)
- Žluté barvivo
  - Citronově žluté při pH 3
  - Oranžové při pH 10
- Rozpustné v oleji



# Antrachinony

- Košenila, karmín
  - pH = 3 – oranžová
  - pH = 5,5 – červená
  - pH = 7 – purpurová
- Tvoří komplexy s kovy
  - $\text{Al}^{3+}$  – rudá, karmínová
  - $\text{Sn}^{2+}$  – šarlatová
  - $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  - fialková



Kyselina karmínová



# Košenila, karmín

- ❑ Barevný pigment vajíček či samic *Coccus cacti* nebo *Dactylopius coccus* (až 20 % hmotnosti)
- ❑ Žijí na opuncích v Mexiku či Kanárských ostrovech
- ❑ Sušení, extrakce alkalickým roztokem
- ❑ 25 milionů samic = 14,5 kg extraktu
- ❑ Přírodní alternativa k FD&C Red #40
- ❑ Barvení potravin, kosmetiky



# Červená rtěnka



65%

CASTOR OIL

15%

BEESWAX

10%

OTHER WAXES

5%

LANOLIN

5%

DYES, PIGMENTS & PERFUME

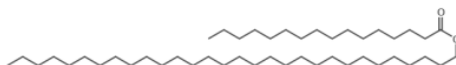
Note that these figures are for an average composition. Actual composition varies from brand to brand, and there is likely to be some deviation from these percentages.

## Waxes & Oils

Waxes provide the structure of lipstick. A number of different natural waxes are used, including beeswax, Carnauba wax, and Candelilla wax. Carnauba wax has the highest melting point of any wax, and is therefore important to prevent lipstick from melting too easily. Waxes also give emollient properties and glossiness.

284

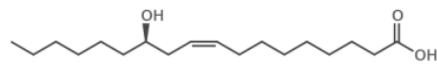
THE APPROXIMATE NUMBER OF CHEMICAL COMPOUNDS THAT MAKE UP BEESWAX.



TRIACONTYL PALMITATE

One of the principal chemical components of beeswax

Oils give lipstick its gloss, and also provide lubrication for the application of the lipstick. Castor oil is the most common, though other synthetic oils are also used.

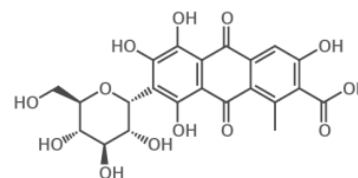


RICINOLEIC ACID

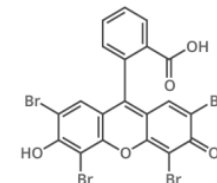
Major component of castor oil (90% of fatty acid content)

## Pigments & Dyes

Lipstick colour originates from a range of different pigments and dyes. Carmine red is a commonly used pigment derived from scale insects. Eosin, also known as D&C Red No. 22, is a dye which reacts with the amino groups in the proteins of the skin to produce a deep red colour. Titanium dioxide can be used to dilute colours and give pink shades.



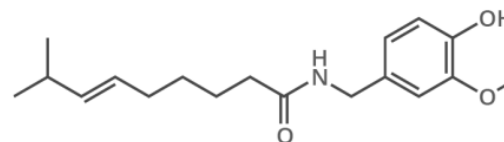
CARMINE RED



EOSIN

## Other Compounds

A number of other compounds are also added to lipstick; this can include different fragrances, to mask the smell of the other chemicals present. Also, capsaicin, the compound found in chilli peppers, is sometimes included, as its skin irritant effect can induce plumping of the lips in small quantities.



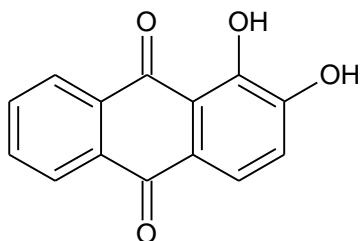
CAPSAICIN

Major capsaicinoid compound found in chilli peppers

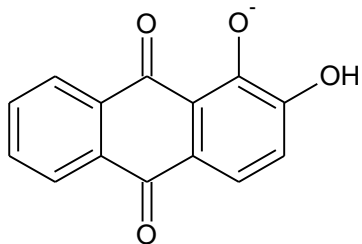


# Antrachinony

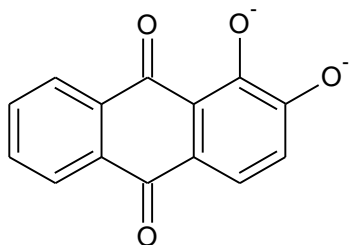
Alizarin



pH 5, oranžovočervený



pH 7, červený

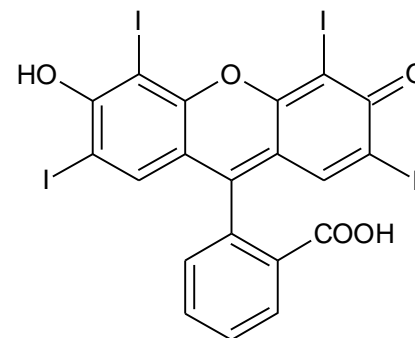


pH 12, fialový



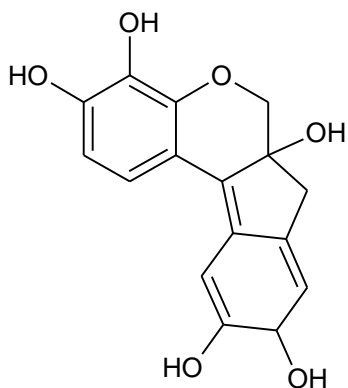
*Rubia tinctorum*

Erythrosin, E 127

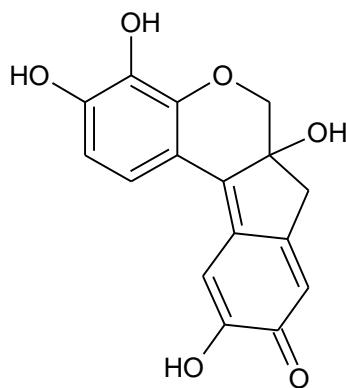


# Alizarinová barviva rostlinná

Logwood (*Haematoxylum campechianum*)



haematoxylin



haematein

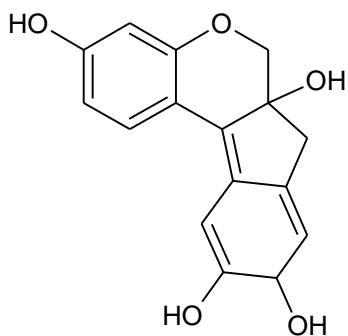


© W.P. Armstrong 2007

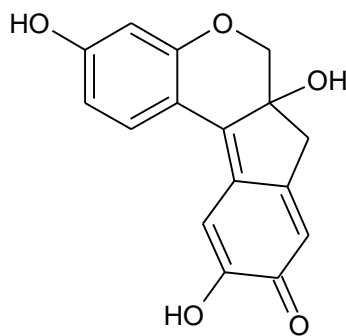


Haematoxylin (červený v kyselém pH, modrý v zásaditém pH), barevné komplexy s kovy

Brazilwood (*Caesalpinia echinata*)



brazilin - červený

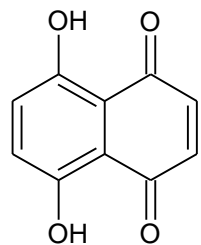
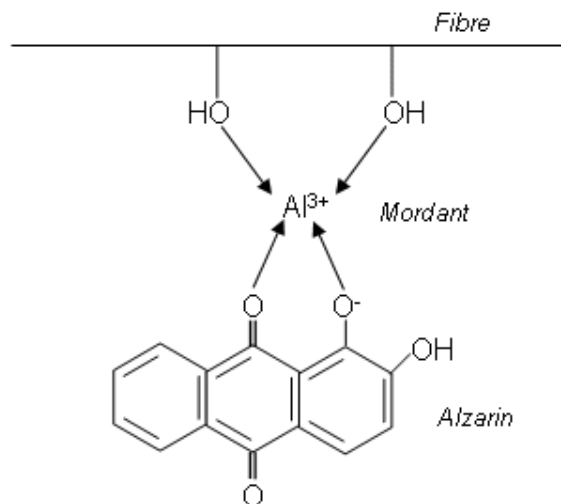


brazilein

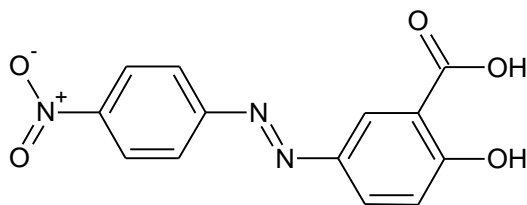


# Alizarinová barviva (syntetická)

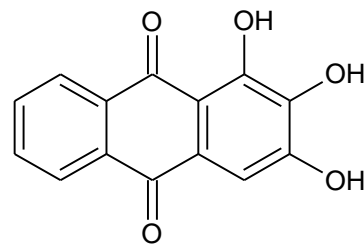
- ▣ Substituenty ovlivňují barvu
- ▣ Mořidlo
  - K lepší vazbě barviva na látku
  - Sůl kovu
  - Kov může ovlivnit barvu



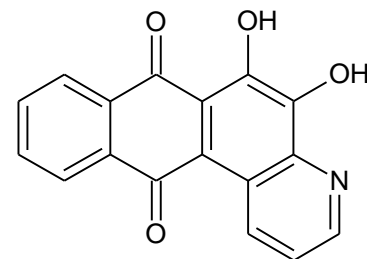
alizarinová čern



alizarinová žlut



alizarinová bordeaux

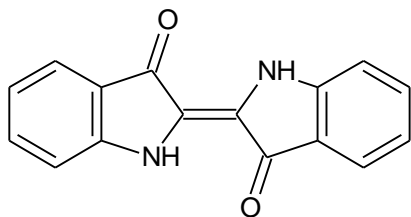


alizarinová modř

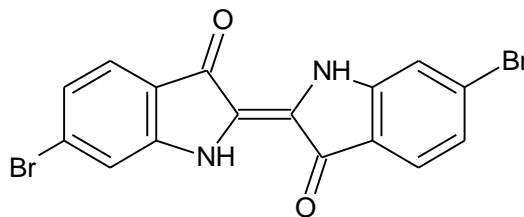


# Indoly – indigo, bromované indigo

- ▣ Barvivo *Indigofera tinctoria*
- ▣ Šmolka = škrob + indigo

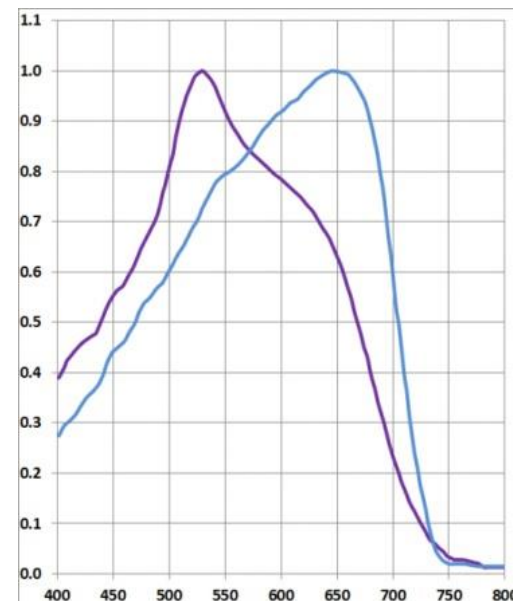


indigo (modrá)



korýši (purpurová)

modrotisk



nanesení rezervy na formu



tisk na látku



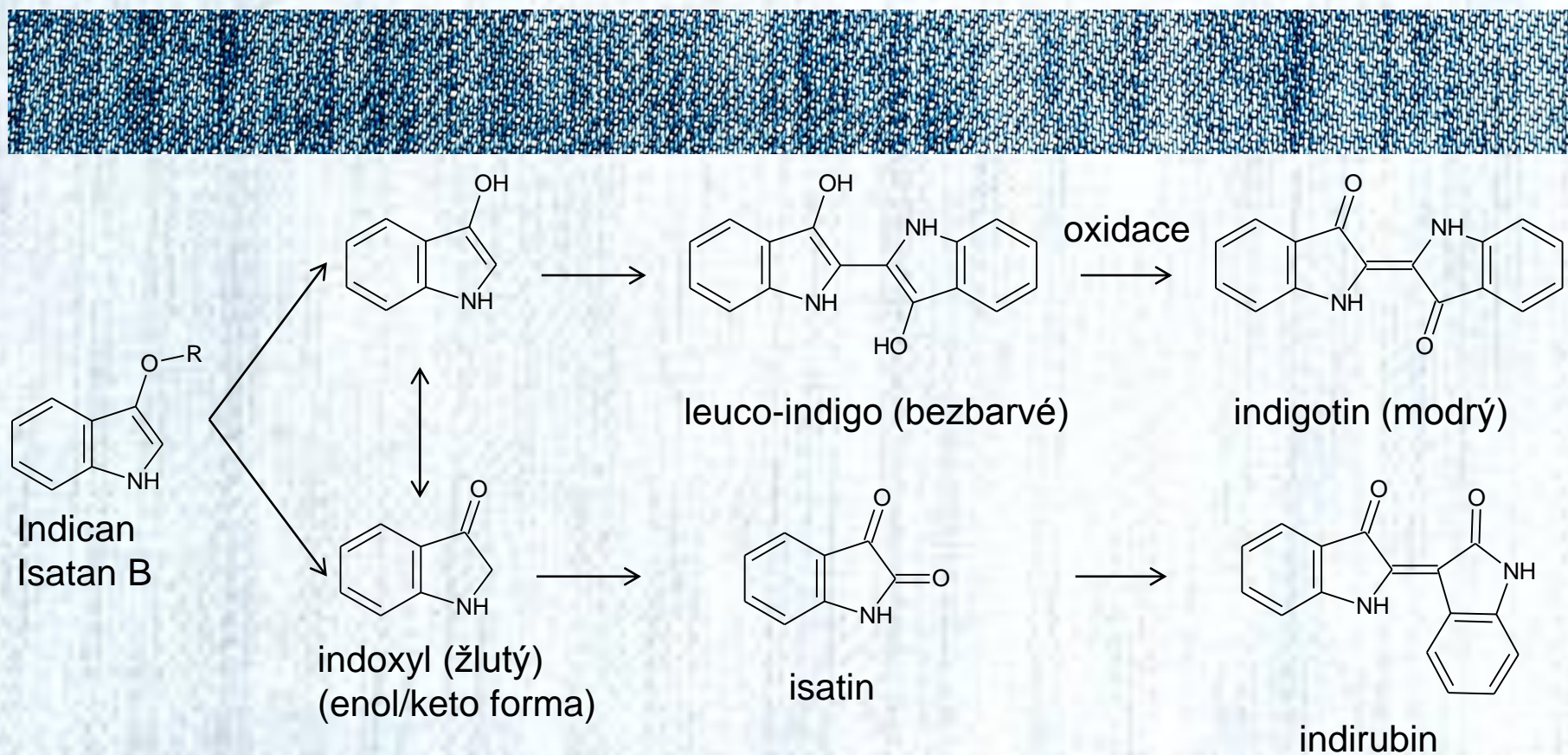
potištěná látka



obarvení

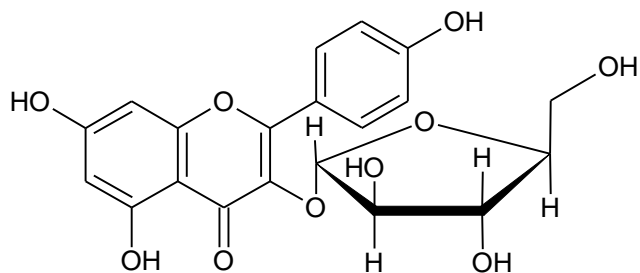


# Indigo

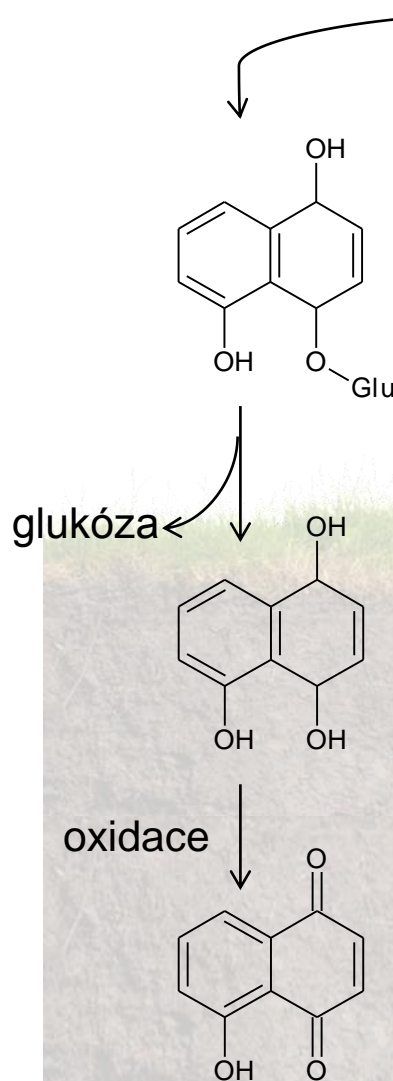


# Antrachinony

- ❑ Juglon (nucin, regianin)
- ❑ Listy, kořeny, slupky, plody, kůra ořešáku (*Juglans nigra*)
- ❑ Textilní barvivo, inkoust, kosmetika

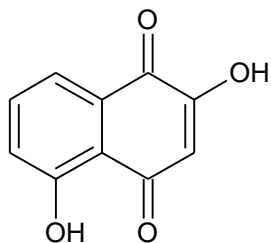


juglanin



# Antrachinony

- Lawson (izomer juglonu)
- Červenooranžové barvivo *Lawsonia inermis* (henna)
- Absorpce UV záření
- Barvení kůže, vlasů



lawson

Henna Paste On



12 Hours Later

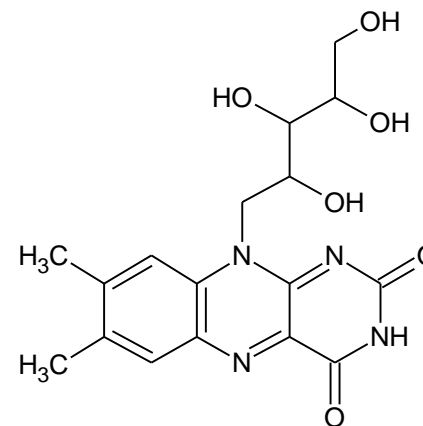


36 Hours Later



# Riboflavin (vitamin B2), E 101

- ▣ Žluté až oranžové barvivo
- ▣ Fluoreskuje
- ▣ Vitamin B2
- ▣ Zdroj: kvasnice, játra, ledviny, mléko, vejce, maso, kakao, ořechy



riboflavin



# Chemické reakce barviv - pH

---

- Karotenoidy - nejsou rozpustné ve vodě = bez vlivu
- pH ovlivňuje disociaci ionizovatelných skupin
- Antokyaniny
  - Při nízkém pH jsou antokyaniny červené ( $AH^+$ )
  - Se zvyšujícím pH mohou tvořit modré chinoliny nebo bezbarvé chalkony
- Myoglobin
  - V naloženém mase vzniká komplex s NO (nitrosylmyoglobin), po denaturaci globinu přistupuje druhý NO (dinitroferrohemochrom)

# Tepelná stabilita

---

## □ Anthocyaniny

- Zahřátí z 20 na 80 °C
- pH 3 a karbonátový pufr
  - Nejstabilnější červené zelí >černý rybíz>slupky hroznů>bezinky
  - Degradace v karbonátovém pufru byla 2x rychlejší

## □ Betaniny

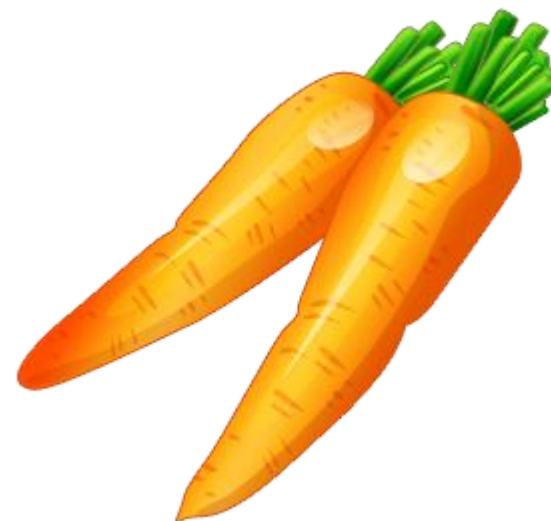
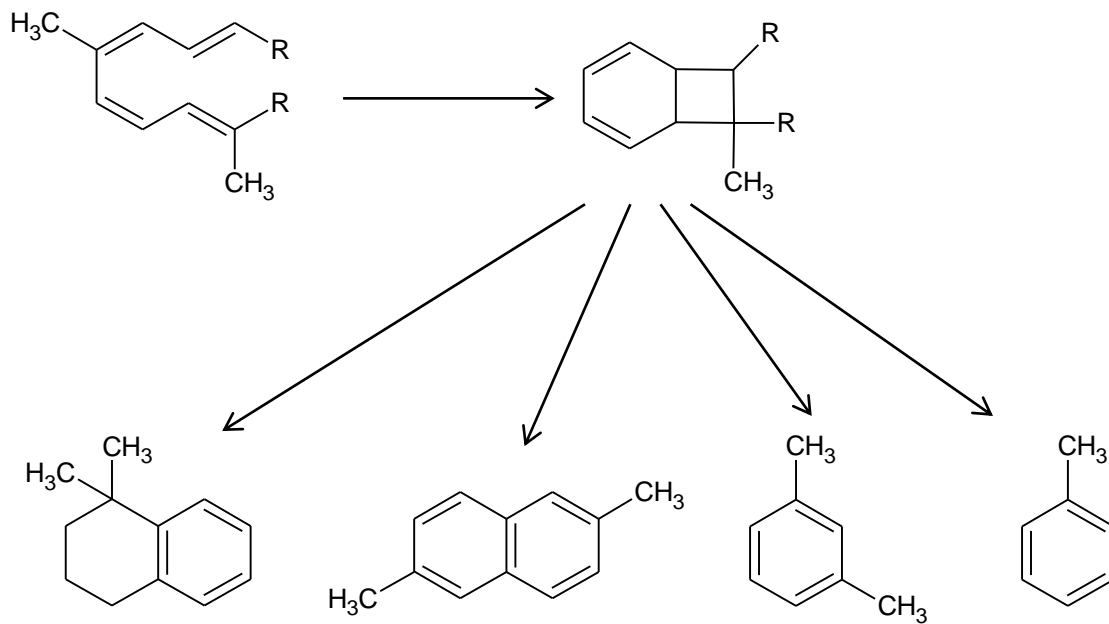
- Zahřátím přechází na isobetanin
- Ztráta barvy hydrolýzou Schiffovy báze
- nárůst Maillardovou reakcí

# Tepelná stabilita

---

- Melaniny – mohou vznikat enzymatickým a neenzymatickým hnědnutím včetně kondenzace polyfenolů
- Karamel – intenzita zabarvení závisí i na teplotě
- Chlorofyly – ztráta  $Mg^{2+}$  vede ke vzniku pheofytinu.
  - $\lambda_{max}$  se mění z 428 na 408 nm
  - Ztráta fytolu z pheophytinu vede k pheophorbidu – ztráta zbarvení zelené zeleniny
- Myoglobin – denaturace při 80 - 85 °C
  - Přítomnost  $Fe^{2+}$  (ferrohemochrom) i  $Fe^{3+}$  (ferrihemochrom - hnědý)

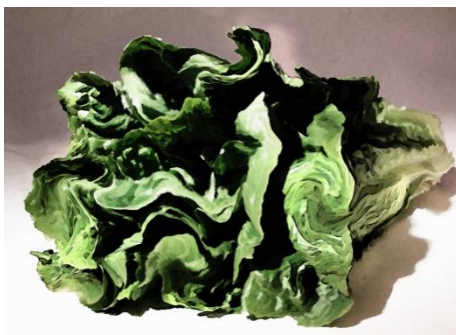
# Termální degradace $\beta$ -karotenu





# Stabilita zeleninových barviv

Skupina	Počet látek	Barva	Citlivé k...
Chlorofyly	< 50	Zelená, olivově hnědá	Teplo, kyseliny, báze, kovové kationty
Karotenoidy	> 300	Žluté, oranžové, červené	Světlo, kyslík, kyseliny, teplo
Anthocyaniny	< 150	Červené, modré	pH, teplo, kovy
Flavonoidy	> 600	Žluté	Kyslík, silné kyseliny, teplo
Betalainy	< 100	Červené, žluté	Teplo, báze, kovové kationty



# Potravinová barviva

- Udělují potravině barvu, kterou by sama o sobě neměla a nebo ji obnovují po jejím zeslabení v průběhu procesu výroby.
- Potravina má lákavější vzhled.
- Možnost zamaskování „ošizení“ potraviny
  - Máslo, párky, zmrzlina, „losos“, „domácí vejce“ aj.



# Potravinová barviva

---

## □ Nelze dobarvovat

- Dětská výživa, med, ovocné šťávy, nektary , mléko, chléb, maso, drůbež, zvěřina, měkkýši a koryši, džem „extra“ a „výběrový“ aj.
- Výjimky:
  - Chléb (karamel)
  - Maso (karamely, syntetická červeň)



# Vybraná barviva

---

E	Název	E	Název
E100	Kurkumin	E129	Červeň Allura AC
E101	Riboflavin	E131	Patentní modř V
E102	Tartrazin (Yellow 5)	E132	Indigotin (Blue 2)
E104	Chinolinová žlut' (Yellow 10)	E133	Brilantní modř FCF (Blue 1)
E110	Žlut' SY (Yellow 6)	E140	Chlorofyly a chlorofyliny
E120	Košenila, kys. karmínová...	E153	Medicínální uhlí
E122	Azorubin (Carmoisin, Red 10)	E160a	Karoteny
E123	Amarant (Red 2)	E160b	Annato, bixin, norbixin
E124	Ponceau 4R	E163	Anthokyany
E127	Erythrosin	E174	Stříbro
E128	Červeň 2G (Red 11)	E175	Zlato

# Rozdělení barviv

---

- Přírodní a přírodně identická
  - Přírodní – anthokyany, karoteny, chlorofyly a chlorofyliny, betalainy, riboflavin, karamel apod.
  - Přírodně identická barviva jsou stejná jako přírodní, pouze jsou vyráběny synteticky.
- Syntetická
  - Vyrábějí se z ropných produktů
  - Musí obsahovat více jak 85% barviva, zbytek anorganické soli, sloučeniny kovů a organických látek
  - Možnost vzniku hyperaktivity u dětí (tartrazin).

# Přírodní a přírodně identická (různé pH)



grepový džus



řepa



black carrot



cantaxanthin



karmín



kys. karmínová



$\beta$ -karoten



carrot oil



kurkumin



paprika



gardenia yellow



annatto



elderberry



extrakt z  
grepových  
slupek



chlorofyl/  
chlorofylin



červená  
sladká  
brambora



červené zelí



červená  
ředkev



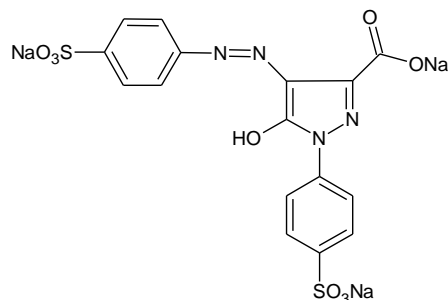
saffron

# Označování potravin obsahujících některá potravinářská barviva

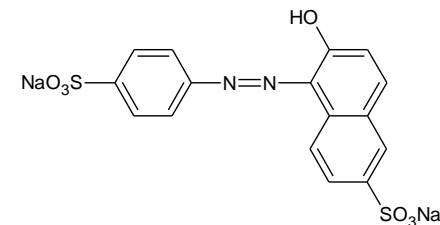
---

- „název nebo číslo E barviva/barviv: mohou nepříznivě ovlivňovat činnost a pozornost dětí“
- Barviva
  - Žluť SY (E 110)
  - Chinolinová žluť SY (E 104)
  - Azorubin (E 122)
  - Červeň allura (E 129)
  - Tartrazin (E 102)
  - Ponceau 4R (E 124)
- Výskyt především v bonbonech, cukrovinkách, hořčici apod.

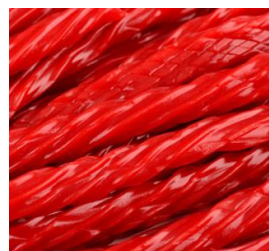
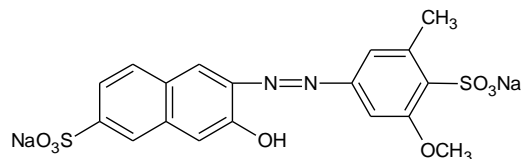
# Syntetická potravinová barviva



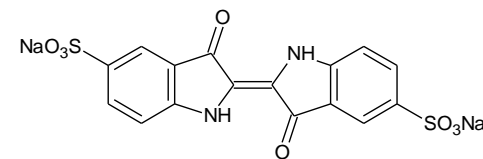
FD&C Yellow #5, E 102, tartrazin



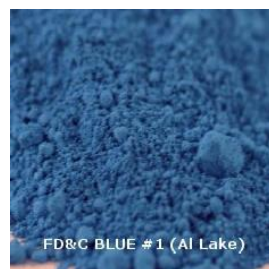
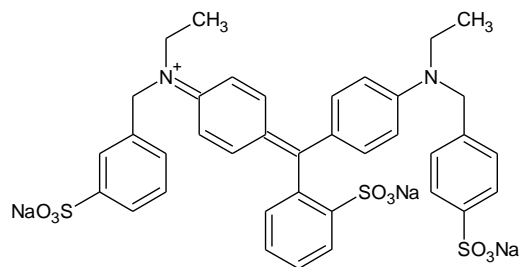
FD&C Yellow #6, E 110, Sunset yellow



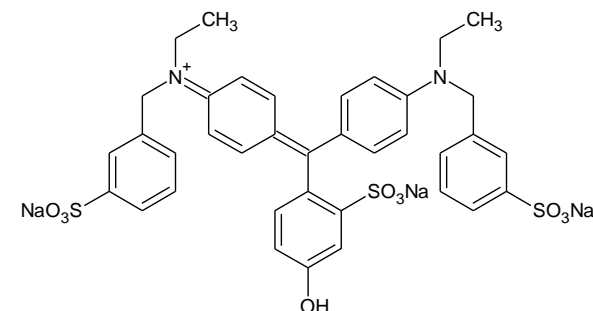
FD&C Red #40, E 129, Allura red



FD&C Blue #2, E 132, indigotin



FD&C Blue #1, E 133, brilliant blue



FD&C Green #3, E 143, Fast Green



# Barvení léků

Syntetické barvivo	Registrovaný preparát
Oranžová žluť E 110	Celaskon 40x 100mg, Espumisan 50x 40 mg, Apo – Ibuprofen 100x 400 mg, Tenormin 28x 100 mg
Erytrosin E 127	Ibalgin 24, 36, 100 x 400 mg, Lexaurin 30x 3 mg, Herpesin 25x 200 mg
Amaranth E 123	Coldrex černý rybíz, Robitussin antitusikum
Indigotin E 132	Viagra 4x 100 mg, Herpesin 25x 200 mg, Apo – Finas 100x 5 mg
Azorubin E 122	Magnesium pharmavit 20x 250 mg, Milgamma 50 tbl.
Chinolinová žluť E 104	Nitrofurantoin-ratiopharm 50x 100 mg, Fromilid uno 14x 500 mg



# Nabídka barviv je obrovská...



# Nabídka barviv je obrovská...



# Pokus: Odbarvení limonády

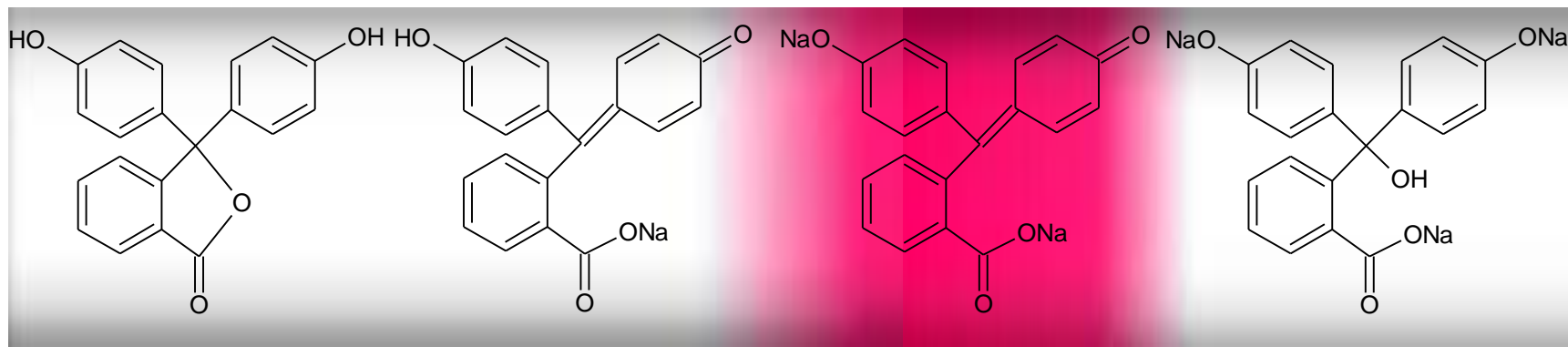
---

- ❑ Pomůcky: třecí miska s tloučkem, filtrační papír, 2x kádinka 250 ml, stojan, držák na nálevku, skleněná tyčinka, chemická lžička
- ❑ Chemikálie: limonáda, živočišné uhlí
- ❑ Postup: Limonádu rozmícháme s aktivním uhlím a zfiltrujeme



# pH indikátory

fenolftalein



methylovanž



methylčerveň



# Pokus: přeměna vody ve víno

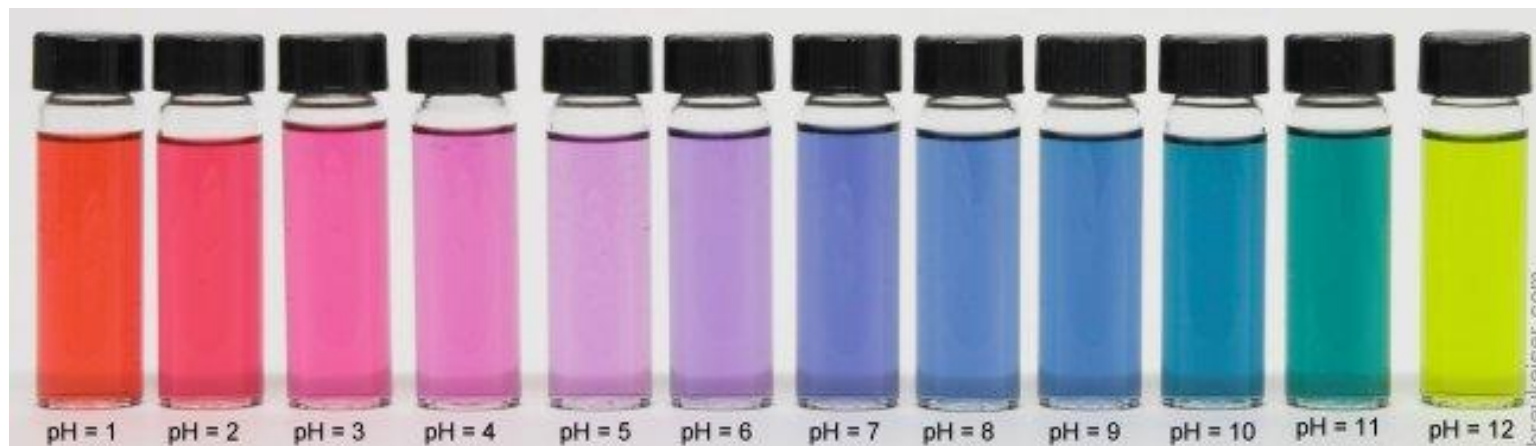
---

- ❑ Pomůcky: 4 sklenky na víno, hnědá láhev 500 ml
- ❑ Chemikálie: 10% roztok amoniaku  $\text{NH}_3$ , koncentrovaná kyselina octová  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , fenolftalein
- ❑ Postup: Čtyři sklenky na víno postavíme do řady. První a třetí vypláchneme silným roztokem fenolftalcinu, čtvrtou koncentrovanou kyselinou octovou. Do láhve nalejeme 3 - 5 ml roztoku amoniaku a před žáky dolejeme vodou z vodovodu. Směs z láhve naléváme např. pravou rukou do první a třetí skleničky, levou pak do druhé a čtvrté (podle původního pořadí). Roztok v první a třetí skleničce zčervená. Ve druhé a čtvrté zůstává bezbarvý. Různými kombinacemi měníme červené víno na bílé a naopak.
- ❑ Vysvětlení: Fenolftalein v zásaditém prostředí mění bezbarvou formu na formu červenou, v neutrálním nebo kyselém prostředí zůstává bezbarvý.
- ❑ Metodické poznámky: koncentrace amoniaku a kyseliny octové je nutné předem vyzkoušet - nutný slovní doprovod

# Chemické experimenty

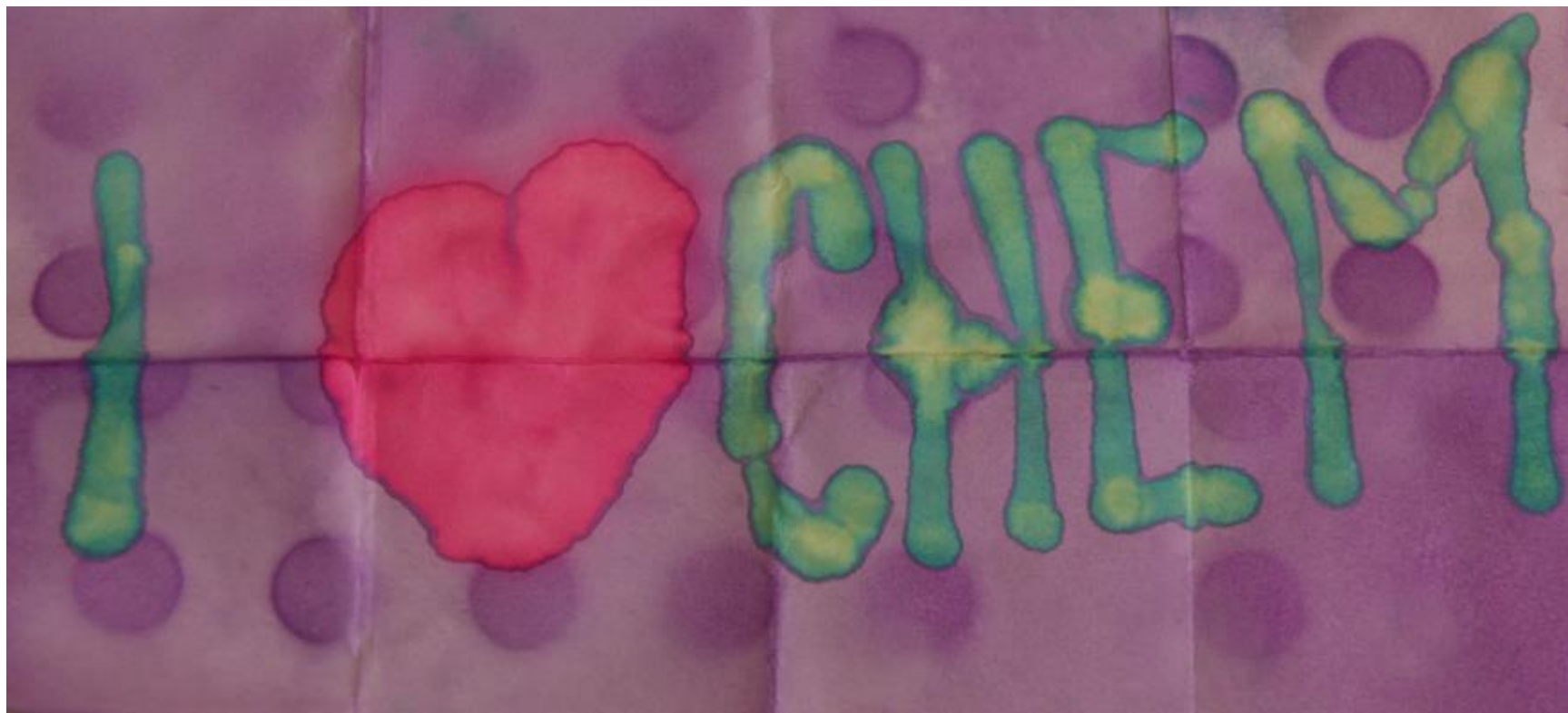
---

- Pomůcky a chemikálie: červené zelí, domácí přípravky (citron, „krtek“, jedlá soda apod.)
- Úkoly:
  - Urči pH různých potravin a nápojů, domácích prostředků a seřaď je podle pH



# Malování s červeným zelím

---





# Batikování s červeným zelím

---



# Amoniaková fontána

---

- ❑ Princip: amoniak je absorbován do vody, ve které je rozpuštěn pH indikátor, který způsobí barevnou změnu
- ❑ Pomůcky a chemikálie: voda, vodný roztok amoniaku, pH indikátory, baňka s kulatým dnem, zátka, skleněná trubička, kádinka, (topné hnízdo)
- ❑ Varianty
  - Místo fenolftaleinu použijte jiné acidobazické indikátory

Indikátor	pH < 7	pH > 7
Kresolová červeň Fenolová červeň	Žlutá	červená
Thymolová modř Bromthymolová modř	Žlutá	modrá
Fenolftalein	bezbarvý	purpurový

# Amoniaková fontána v praxi

---



# Pokus s $\text{NaHCO}_3$ a $\text{CH}_3\text{COOH}$

---

- Pomůcky: kádinka, jedlá soda, ocet, voda, pH indikátor či rostlinná barviva (červené zelí, řepa, ibiškový čaj aj.)
- Provedení: v kádince rozpustíme  $\text{NaHCO}_3$ , přidáme pH indikátor. K roztoku přikapáváme ocet. Dochází ke změně barvy indikátoru a k vývoji bublinek  $\text{CO}_2$
- Poznámka: pokus lze také provést obráceně, kdy v kádince je ocet a přikapáváme roztok  $\text{NaHCO}_3$

# Pokus: Modrá baňka

---

- ❑ Pomůcky: baňka 250 ml, zátka
- ❑ Chemikálie: hydroxid sodný NaOH, glukóza, metylenová modř
- ❑ Postup: Ve 100 ml vody se rozpustí 2 g hydroxidu sodného a 2 g glukózy. K. roztoku přidáme 4 ml 0,1 % roztoku metylenové modři. Baňku uzavřeme gumovou zátkou. Modrý roztok se po několika minutách zcela odbarví. Při protřepání se znovu objeví modrá barva roztoku.
- ❑ Vysvětlení: Jev je způsoben oxidací metylenové modři (její ox-forma je bezbarvá, redox-forma modrá).
- ❑ Metodické poznámky: pokud již není pokus přesvědčivý, stačí baňku na chvíli odzátkovat (do baňky se dostane kyslík), opět zazátkovat a jev se opakuje

# Pokus: Tajná písmá

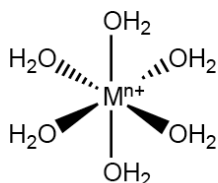
---

Inkoust	Vývojka	Barva písmá
mléko	teplo	hnědá
citronová šťáva	teplo	hnědá
šťáva z cibule	teplo	hnědá
ocet	teplo	růžová
K(SCN)	roztok FeCl <sub>3</sub>	červená
K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	roztok FeCl <sub>3</sub>	modrá
roztok Pb <sup>2+</sup>	roztok CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	žlutá

# Barvy roztoků přechodných kovů

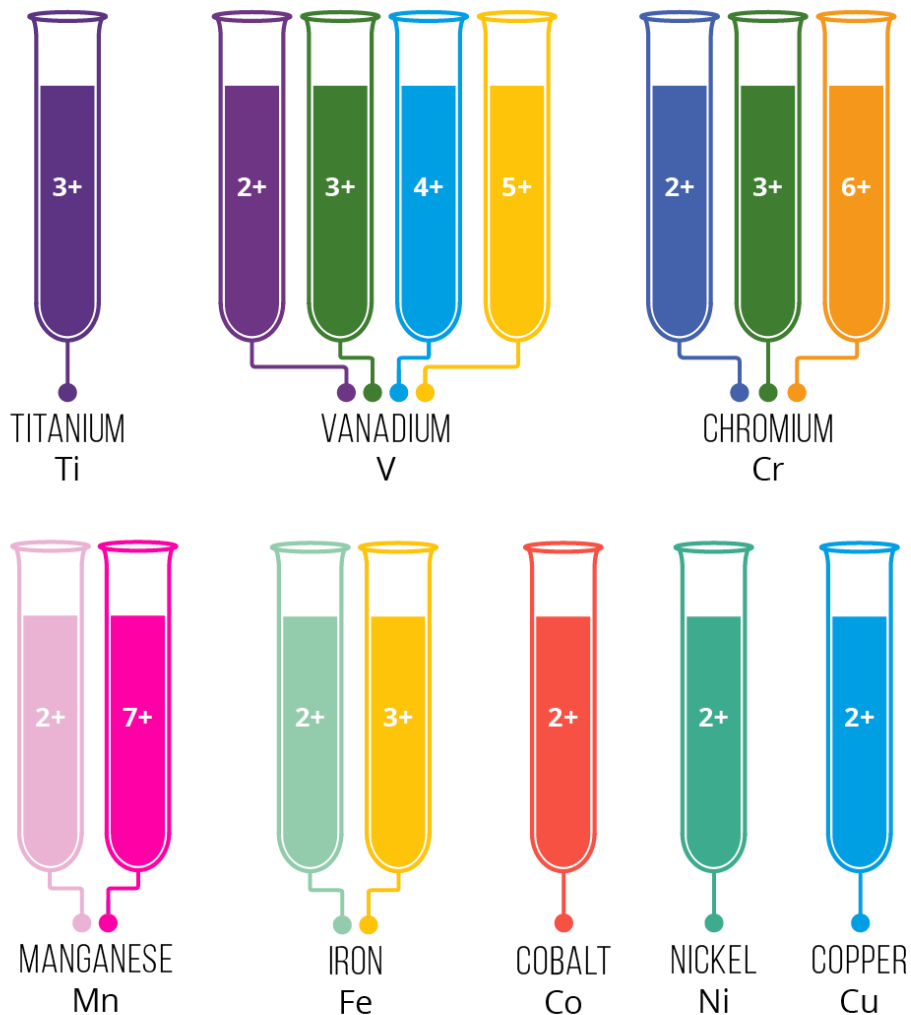
## TRANSITION METAL ION COLOURS

Transition metals form coloured compounds and complexes. These colours can vary depending on the charge on the metal ion, and the number and type of groups of atoms (called ligands) attached to the metal ion. In aqueous solutions, the ions form complexes with the colours shown to the right.



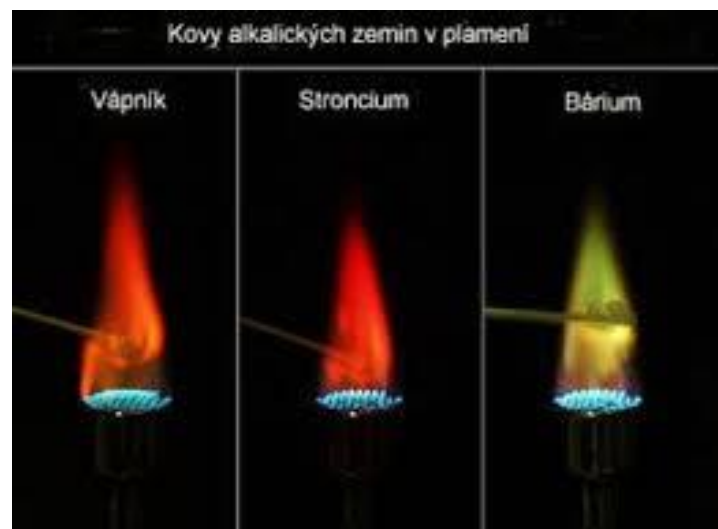
HYDRATED TRANSITION METAL ION

Electrons are arranged around the nucleus of the metal atom in orbitals. Transition metals, unlike other metals, have partially filled d orbitals, which can hold up to 10 electrons. When ligands are present, some d orbitals become higher in energy than before, and some become lower. Electrons can then move between these higher and lower d orbitals by absorbing a photon of light. This absorption of light affects the perceived colour of the compound or complex. The wavelength of the light absorbed is affected by the size of the energy gap between the d orbitals, which is in turn affected by the type of ligand and the charge on the metal ion.



# Plamenové zkoušky

- ❑ Princip: u alkalických kovů a kovů alkalických zemin dochází v plameni k excitaci valenčních elektronů a k vyzáření přijaté energie při jejich návratu na základní hladinu
- ❑ Pomůcky: Pt-drátek, rozpustné soli (chloridy, dusičnany) alkalických kovů a kovů alkalických zemin, HCl, kádinka, zkumavky
- ❑ Pozor, některé soli jsou jedy!!!

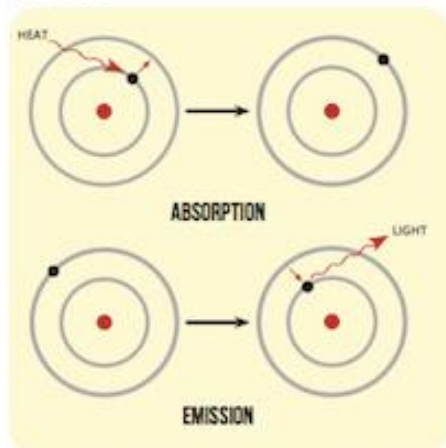




# Plamenové zkoušky

## METAL ION FLAME TESTS

A flame test is an analytical procedure used by chemists to detect the presence of particular metal ions, based on the colour of the flame produced.



When heated, the electrons in the metal ion gain energy and can jump into higher energy levels. Because this is energetically unstable, the electrons tend to fall back down to where they were before, releasing energy as they do so. This energy is released as light energy, and as these transitions vary from one metal ion to another, it leads to the characteristic colours given by each metal ion.





Děkuji za pozornost.

# Literatura a zdroje obrázků

---

- <http://myjustliving.com/page/Indigo.aspx>
- [http://wwwchem.uwimona.edu.jm/courses/CHEM2402/Textiles/Dyeing\\_Fibres.html](http://wwwchem.uwimona.edu.jm/courses/CHEM2402/Textiles/Dyeing_Fibres.html)
- <http://www.stiefel-eurocart.cz/nastenne-didakticke-pomucky-/152-farby.html>
- <http://freedesignfile.com/upload/2013/09/Autumn-leaves-background-5.jpg>
- <http://www.traditionalandwild.eu/cz/component/jevents/icalrepeat.detail/2011/09/13/22/9/oblibena-rostlina-podzimu-plod-sipku>
- <http://www.ddwcolor.com/colorant/carotenoids/annatto-bixin-norbixin>
- <http://gardenofeaden.blogspot.cz/2013/11/how-to-grow-saffron.html>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Tea>
- [http://tsjw.en.alibaba.com/productshowimg/569181355-213615466/Fresh\\_red\\_carrot.html](http://tsjw.en.alibaba.com/productshowimg/569181355-213615466/Fresh_red_carrot.html)
- <http://www.foodcolor.com/beet-juice-color>
- <http://www.redbubble.com/people/irina777/works/7757898-phytolacca-esculenta>
- [http://blogs.miaminewtimes.com/shortorder/2012/03/starbucks\\_puts\\_crushed\\_beetles.php](http://blogs.miaminewtimes.com/shortorder/2012/03/starbucks_puts_crushed_beetles.php)
- <http://waynesword.palomar.edu/ecoph4.htm>
- <http://www.ireceptar.cz/rucni-prace/modrotisk-starobyla-technika-barveni-latek/>
- <http://www.justaddgoodstuff.com/wp-content/uploads/2013/07/natural-food-coloring.jpg>
- <http://www.cheapcookiecutters.com/collections/food-coloring>
- <http://www.functionalwellness.com/food-coloring/>
- <http://www.e-chembook.eu/cs/vodik-a-alkalicke-kovy>
- <http://www.compoundchem.com/archives/>
- <http://lide.uhk.cz/pdf/student/psopatp1/Chemie/Pokusy.pdf>
- [http://www.backyardbiology.net/Nature\\_Activities/LeafChromatography.shtml](http://www.backyardbiology.net/Nature_Activities/LeafChromatography.shtml)
- [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=qH-AJDqsSII](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=qH-AJDqsSII)