

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ**

**BARVENÍ POTRAVIN V PRŮBĚHU ČASU**  
**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

AUTOR PRÁCE: Kamila Prouzová

VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Jan Fischer, CSc.

2018

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamila Prouzová**  
Osobní číslo: **C15098**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Název tématu: **Barvení potravin v průběhu času**  
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. V dostupné literatuře vyhledejte a rešeršně zpracujte pohled na historii barvení potravin.
2. V praktické části změřte obsah vybraných barviv v potravinářských výrobcích.
3. Dosažené výsledky kriticky zhodnoťte a diskutujte.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Podle pokynů vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Jan Fischer, CSc.**

Katedra analytické chemie

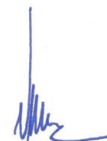
Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 26. 6. 2018

Kamila Prouzová

Úvodem bych ráda poděkovala mému vedoucímu práce doc. Ing. Janu Fischerovi, CSc. za vstřícnost a především za jeho užitečné a odborné rady při vypracování této bakalářské práce.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá charakteristikou barviv používaných v potravinářském průmyslu. Byla prostudována dostupná literatura a další informační zdroje týkající se historie barvení potravin, rozdělení barviv, jejich vlastností, chemického složení a využití. Pozornost je rovněž věnována zdravotním aspektům při používání syntetických a přírodních potravinářských barviv spolu s uvedením příslušné legislativy jejich používání. V praktické části je popsáno stanovení potravinářského barviva E133 ve dvou vybraných potravinářských výrobcích pomocí UV-VIS spektrofotometrické metody.

## **Klíčová slova**

přidatné látky, historie barviv, potravinářský průmysl, syntetická barviva, přírodní barviva, E133, UV-VIS spektrofotometrie

## **Title**

Foodstuff Colouring Change Over Time

## **Summary**

This thesis deals with characteristics of colorants used in food industry. As a reliable source has been used available technical literature and another information sources regarding history of food colorants, distribution of colorants and their nature, chemical composition and use. Medical and legislative aspects of usage of artificial and natural food colorants are also taken in consideration. Determination of food colorant E133 in two chosen food products using UV-VIS spectrophotometric method is described and discussed in practical part of bachelor thesis.

## **Keywords**

additives, history of dyes, food industry, artificial colorants, natural colorants, E133, UV-VIS spectrophotometry

# OBSAH

<b>1. Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Teoretická část .....</b>	<b>10</b>
2.2. Přidatné látky .....	10
2.3. Charakterizace a legislativa potravinářských barviv .....	10
2.4. Vývoj barvení potravin.....	14
2.4.1. Počátky barvení .....	14
2.4.2. Využití prvních přírodních barviv .....	14
2.4.3. Průlomová příprava prvního syntetického barviva.....	19
2.4.4. Renesance využití přírodních barviv .....	23
2.4.5. Budoucnost barevných přísad .....	25
2.5. Rozdělení potravinářských barviv .....	28
2.5.1. Přírodní barviva .....	28
2.5.1.1. Karotenoidy .....	29
2.5.1.2. Flavonoidy .....	31
2.5.1.3. Chlorofylová barviva.....	32
2.5.1.4. Riboflavin .....	33
2.5.2. Syntetická barviva identická s přírodními .....	34
2.5.3. Syntetická barviva .....	34
2.5.3.1. Pyrazolonová barviva .....	36
2.5.3.2. Azobarviva.....	37
2.5.3.3. Xanthenová barviva.....	38
2.5.3.4. Trifenylmethanová barviva.....	39
<b>3. Praktická část .....</b>	<b>40</b>
3.1. Stanovované barvivo E133.....	40
3.2. Použité chemikálie a standard .....	40
3.3. Použité vzorky .....	41
3.4. Použité přístroje a zařízení .....	41
3.5. Pracovní postup.....	42
<b>4. Výsledky a diskuze.....</b>	<b>43</b>
4.1. Posouzení vlivu pH na spektrální vlastnosti barviva E133 .....	43
4.2. Kalibrační měření.....	44
4.3. Stanovení obsahu barviva E133 v analyzovaných nápojích .....	46
<b>5. Závěr .....</b>	<b>49</b>
<b>6. Seznam použité literatury .....</b>	<b>50</b>
<b>7. Seznam obrázků.....</b>	<b>55</b>
<b>8. Seznam tabulek .....</b>	<b>56</b>

# 1. Úvod

Barvy provázejí lidstvo už od pradávna a jsou součástí každodenního života nás všech. V současném moderním světě je jedním z rozhodujících kvalitativních atributů při výběru potravinářského výrobku především jeho barva. Zbarvení potraviny mnohdy rozhoduje u spotřebitele nadevše. Z tohoto důvodu často vzhled výrobku neprávem převyšuje hodnotu chuti a kvality. Obecně je známo, že nejrizikovější skupinou, která „vybírání očima“, jsou na prvním místě děti. Tudíž není velkým překvapením, že producenti potravin, co se týče barvení produktů, cílí nejvíce na výrobky konzumované především dětmi a mladistvými, tedy na výrobky z oblasti cukrovinek. Naopak u několika skupin potravin jako např. kojenecká a dětská výživa, med, voda, mléko, ovocné a zeleninové šťávy a u dalších kategorií potravin je dobarvování legislativou zcela zakázáno [1].

V některých potravinách se barviva v určité míře mohou vyskytovat přirozeně, ale v průběhu zpracování a skladování často potraviny o svoje přirozené zbarvení přicházejí. V převážné většině případů se proto barviva přidávají pro zvýraznění původní barvy do sytějších odstínů za účelem vylepšení vzhledu výrobku. To vše se bohužel děje z velmi prostého důvodu, jelikož se lidé mylně domnívají, že čím více je výrobek zbarvený, tím musí být kvalitnější, protože obsahuje větší množství dané přírodní složky (např. ovoce). Nenechme se mýlit, jedná se pouze o chytrý obchodní tah.

Barvení potravin se řídí přesně danými pravidly a nesmí být použito k zakrytí nedokonalostí nebo případné hygienické závadnosti. Každý stát ve svém právním systému ustavuje seznam povolených barviv, u kterých na základě znalostí toxických vlastností deklaruje zdravotní nezávadnost pro konzumenty. Se stále narůstajícími vědomostmi, které se týkají bezpečnosti chemických látek a jejich vyplývajících vlivů na lidské zdraví, dochází prakticky nepřetržitě ke změnám v pravidlech používání příslušných barviv v potravinářských výrobcích.

Průmyslově se využívají jak barviva přírodní, tak i syntetická. Postupem času bylo zjištěno, že syntetická barviva jsou nesrovnatelně stabilnější a lze u nich docílit mnohem jasnějších odstínů. Jejich výroba je navíc levnější v porovnání se získáváním barviv z přírodních zdrojů, a tak na počátku minulého století začala uměle připravená barviva přebírat roli v nejrůznějších oblastech možného využití, ať už se jednalo o potraviny, textil, kosmetiku nebo barvení plastů.



V posledních letech se ve společnosti objevil jistý trend a snaha přeorientovat se na dráhu zdravého životního stylu, přičemž postupně dochází ke zvýšené poptávce po barvivech přírodních na úkor syntetických, u kterých se diskutuje jejich mnohdy nepříliš prospěšný vliv na zdraví člověka a v první řadě alarmující dopad procesu jejich přípravy na životní prostředí.

Ve své práci jsem se zaměřila na charakteristiku barviv napříč historií barvení potravin. Potravinová barviva byla rozdělena na skupiny syntetických a přírodních barviv a následně i do jednotlivých dílčích kategorií. U vybraných zástupců byly vzpomenuty okolnosti týkající se výroby, používání a vlivu na lidský organismus. Cílem praktické části této bakalářské práce bylo kvantitativní stanovení modrého syntetického barviva E133 ve dvou vybraných nápojích prostřednictvím spektrofotometrické analýzy.

## 2. Teoretická část

### 2.2. Přídavné látky

Potravinářská barviva spolu s konzervanty, sladidly, antioxidanty a mnoha dalšími skupinami (dohromady 26 skupin) patří mezi přídavné látky neboli aditiva. Potravinářská aditiva jsou takové látky, které se záměrně do potravin přidávají při procesu výroby hlavně za účelem prodloužení jejich trvanlivosti, ale zároveň splňují i další neméně důležité úlohy. Od zajištění hygienické nezávadnosti, zlepšení kvality, zvýšení dostupnosti ve všech ročních obdobích, zlepšení nebo udržení nutriční hodnoty, zvýšení přijatelnosti pro spotřebitele (např. již zmiňované zvýraznění barvy) až po usnadnění přípravy potraviny. V určitých potravinách se mohou aditiva vyskytovat přirozeně, co se týče přirozeného výskytu barviv, jedná se např. o riboflavin, antokyany či karoteny.

Používání aditiv při výrobě potravin není ani zdaleka novodobou záležitostí. Již staré civilizace se před několika tisíci lety snažily prodloužit trvanlivost své potravy za použití kouře, octa nebo soli. Po velmi dlouhém a rozmanitém vývoji v oblasti přídavných látek došlo v osmdesátých letech minulého století k výrazné změně v označování složení potravinářských výrobků, kdy místo dosavadních používaných skupin označujících funkci jednotlivých aditiv bylo zavedeno označování pomocí tzv. „E kódů“. Vlivem všeobecné neinformovanosti laické veřejnosti se krátce po této změně strhla vlna lživých výroků o globální škodlivosti všech „Éček“ bez rozdílu. Částečně i jako reakce na toto pobouření konzumentů obávající se o své zdraví byli výrobci potravin donuceni postupně minimalizovat využívání aditiv, aby získali zpět důvěru spotřebitelů a nepřišli tak o výdělek. V současné době je používání aditiv v potravinářských výrobcích omezeno legislativou a zdravotní nezávadnost na lidský organismus u povolených přídavných látek je pravidelně kontrolována [2,3].

### 2.3. Charakterizace a legislativa potravinářských barviv

Podle Vyhlášky č. 130/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídavných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin [4,5] se barviva řadí mezi nejpoužívanější přídavné látky. *„Barviva jsou látky, které potravině udělují barvu, kterou by bez jejich použití neměla, nebo ji obnovují po příslušném*

*technologickém procesu, kdy došlo k jejímu zeslabení nebo poškození. Do této kategorie patří látky s označením E100–E182“ [3].*

Barviva (barevné látky, pigmenty) tvoří významnou skupinu sensoricky aktivních látek potravin a jsou schopna absorbovat světlo ve viditelné oblasti spektra (cca 380-760 nm). Rozdíl mezi barvivem a pigmentem spočívá v rozpustnosti ve vodě nebo organických rozpouštědlech. Barvivo je rozpustné ve vodě nebo v organických rozpouštědlech a používá se ve formě roztoků. Jako příklad barviva lze uvést lutein, který je obsažen v květech rostliny měsíčku lékařského. Naopak pigmenty jsou ve vodě nebo organických rozpouštědlech nerozpustné a používají se často ve formě suspenzí. Mezi pigmenty lze zařadit např. titanovou bělobu, která se získává z nerostu ilmenitu [6].

V potravinách se barviva vyskytují přirozeně nebo jimi bývají potraviny dobarvovány. Nejčastěji se dělí podle svého původu na tři skupiny barviv:

- přírodní barviva
- syntetická barviva identická s přírodními
- syntetická barviva [3]

Za účelem dohledu nad zdravotní nezávadností potravinových aditiv v rámci států Organizace spojených národů (OSN) byla roku 1963 založena komise Codex Alimentarius, jejíž zakládajícími organizacemi byla Světová zdravotnická organizace (World Health Organization, WHO) a Organizace pro potraviny a zemědělství (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO). Jedním z výborů v rámci komise Codex Alimentarius je Výbor pro potravinářská aditiva a kontaminanty (Codex Committee on Food Additives and Contaminants, CCFAC). Dotyčný výbor vytvořil mezinárodní systém číslování (International Numbering System, INS) umožňující identifikaci potravinových aditiv. V rámci Evropské unie byl později zaveden pro přídatné látky nový mezinárodní systém E kódů.

Na etiketě každého výrobku musí být ze zákona označen přírůstek aditiva buď chemickým názvem, nebo právě pomocí číselného E kódu s uvedením příslušné kategorie, pod kterou dané aditivum spadá. V případě, že ho lze zařadit současně hned mezi několik kategorií přídatných látek, uvádí se vždy jen ta kategorie, která přísluší účelu použití v dané potravíně [7,8].

Ještě předtím, než je používání aditiva v potravíně schváleno nebo zakázáno, jeho zdravotní nezávadnost hodnotí Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority, EFSA), který byl zřízen na základě Nařízení Evropské Parlamentu a Rady (ES)

č. 178/2002 [9]. Tento zmiňovaný orgán Evropské unie vznikl v roce 2002 z důvodu potřeby vytvoření komplexního systému zajišťujícího bezpečnost potravin v rámci států EU. Jeho hlavní náplň spočívá v hodnocení rizik týkajících se bezpečnosti potravin a krmiv, výživy, zdraví a pohody zvířat, ochrany a zdraví rostlin. Poskytuje poradenství, které musí být vždy podloženo nezávislými vědeckými fakty a skrze spolupráci se zeměmi EU a mezinárodními organizacemi se snaží chránit spotřebitele před riziky v potravinářském průmyslu. V rámci úřadu EFSA působí deset odlišně zaměřených vědeckých panelů, z nichž jeden se nazývá Vědecký panel pro potravinářské přídatné látky a zdroje nutrientů přidávaných do potravin (Food additives and nutrient sources added to food, ANS) a jeho činnost spočívá v hodnocení bezpečnosti potravinových barviv a ostatních přídatných látek. Podle nové legislativy zahrnuje pracovní náplň tohoto panelu též přezkoumání všech dříve schválených potravinových barviv. Proto od roku 2009 do roku 2016 probíhalo přehodnocení všech dostupných vědeckých studií zveřejněných do roku 2009 [10,11].

Povolené množství barviva přidaného do potravin se odvíjí od jeho bezpečnosti a je podrobena celým souborem několikaletých toxikologických testů. Prostřednictvím toxikologických testů se zjišťuje akutní toxicita ať už z pohledu karcinogenních, mutagenních nebo teratogenních účinků, vlivu na imunitu, reakce přecitlivělosti organismu, alergické reakce či kumulace látky v organismu. Při zjištění toxicity vyšetřované látky je důležité určit dávku, při které ještě není pozorován škodlivý účinek na lidský organismus, což je vyjadřováno hodnotou NOAEL (No Observed Averse Effect Level). Hodnota NOAEL se následně využije ke stanovení hodnoty akceptovatelného denního příjmu, tzv. hodnoty ADI (Acceptable Daily Intake), která se vyjadřuje jako množství dané látky v mg na kg tělesné hmotnosti příjemce. Je to takové množství dané látky, které je možné konzumovat bez zdravotního rizika každý den po celý život. Tento důležitý ukazatel vychází z výsledků na základě testování pokusných zvířat. Hodnota NOAEL odpovídá několikanásobku (nejčastěji stonásobku) hodnoty ADI [12].

Název a množství povoleného barviva má každá země dána ve svém zákonodárství. V současné době se v České republice používání potravinových aditiv řídí Zákonem č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích v platném znění [13] a Vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 25/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. Kontrolou nad dodržováním českých právních předpisů týkajících se používání přídatných látek v potravinách se zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI) a Státní veterinární správa České republiky (SVS ČR). V následující tabulce je uveden seznam všech povolených potravinářských barviv pro Českou republiku [7,12].

Tabulka č. 1: Seznam povolených potravinářských barviv v ČR

<b>Číslo E</b>	<b>Barvivo</b>
E100	Kurkumin
E101	Riboflavin, Riboflavin-5'-fosforečnan
E102	Tartrazin
E104	Chinolinová žluť
E110	Žluť SY (synonyma Gelborange S, Sunset Yellow FCF)
E120	Košenila, kys. karmínová, karmíny
E122	Azorubin (synonymum Carmoisin)
E123	Amarant (synonymum Viktoriarubín O)
E124	Ponceau 4R (synonymum Košenilová červeň A)
E127	Erythrosin
E129	Červeň Allura AC
E131	Patentní modř V
E132	Indigotin (synonymum Indigocarmine)
E133	Brilantní modř FCF (synonymum Brilliant blue FCF)
E140	Chlorofyly a chlorofyliny
E141	Měďnaté komplexy chlorofylů a chlorofylinů
E142	Zeleň S
E150a	Karamel
E150b	Kaustický sulfitový karamel
E150c	Amoniakový karamel
E150d	Amoniak-sulfitový karamel
E151	Čerň BN (synonymum Brilliant black BN)
E153	Medicínální uhlí (z rostlinné suroviny)
E154	Hněď FK
E155	Hněď HT
E160a	Karoteny, směs karotenů, β-karoten
E160b	Annato, bixin, norbixin
E160c	Paprikový extrakt, kapsanthin, kapsorubin
E160d	Lycopen
E160e	Beta-apo-8'-karotenal
E160f	Ethylester kyseliny beta-apo-8'karotenové
E161b	Lutein
E161g	Kanthaxanthin
E162	Betalainová červeň, betanin (včetně extraktů z červené řepy)
E163	Anthokyany (získané fyzikálními postupy z ovoce a zeleniny)
E170	Uhličitan vápenatý
E171	Oxid titaničitý (synonymum Titanová běloba)
E172	Oxidy a hydroxidy železa
E173	Hliník (v podobě pigmentu)
E174	Stříbro (v podobě pigmentu)
E175	Zlato (v podobě pigmentu)
E180	Litholrubin BK

## 2.4. Vývoj barvení potravin

### 2.4.1. Počátky barvení

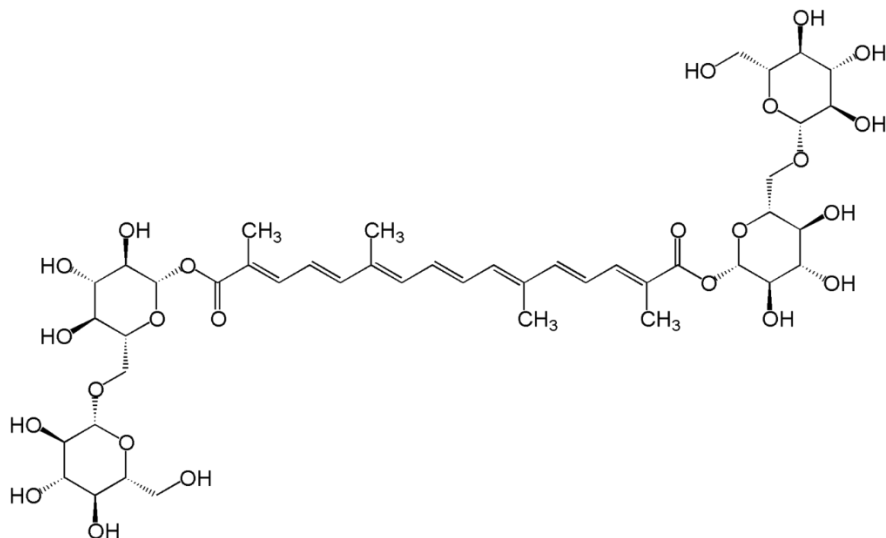
Používání nejrůznějších barev se pyšní dlouhou historií, která se datuje od počátku civilizace ve starověkém Egyptě, Indii a Číně, kde kultury využívaly barev získaných z minerálů, půd, hmyzu nebo nejrůznějších částí rostlin (kořeny, květy, plody, listy, kůra, šťávy, pletiva, pryskyřice) k rozmanitým účelům. Jednalo se o barvení textilu, obrazových výjevů, potravy nebo lidských těl ve spojitosti s náboženskými a etnickými obřady a rituály. Již v těchto raných dobách barevné přísady nesporně obohacovaly životy lidí a staly se nedílnou součástí každodenního bytí člověka. Sociální vědci, kteří svoji pozornost zaměřili na základní psychologii barev, potvrdili dopad vnímaných barev z bezprostředního okolí jedince na jeho poznání a především chování.

Římský přírodovědec Plinius starší v prvním století našeho letopočtu zaznamenal používání kouře a extraktu z rostliny aloe vera k falšování chuti a zlepšení barvy vína. Mimo jiné také popsal používání mořidel k barvení tkanin. Mořidlo je druh barviva, který zvyšuje fixaci barviva a zajišťuje stálost barevného odstínu, tedy de facto ovlivňuje konečné zbarvení při procesu barvení. Mořidly často bývají soli vícemocného kovu, které tvoří s přírodním barvivem kovový komplex. Typickým příkladem jsou železná mořidla, která způsobují ztmavnutí odstínů, kamenec (podvojná sůl kyseliny sírové) naopak barvy vyjasňuje. Až zhruba do poloviny 19. století, kdy se začaly používat technologie pro výrobu prvotních syntetických barviv, se barvy využívané k barvení potravin, léků a kosmetiky výhradně extrahovaly z přírodních zdrojů rostlinného i živočišného původu, konkrétně z hmyzu, rostlin (prvotně šťávy lesních plodů) nebo minerálů [14,15].

### 2.4.2. Využití prvních přírodních barviv

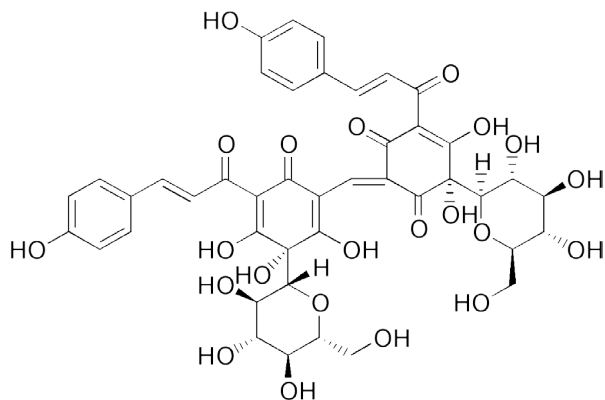
Archeologové potvrdili, že první zmínky o barvivech pochází z egyptských spisů z období kolem roku 1500 před naším letopočtem. Již řecký básník Homér ve svém hrdinském eposu Ilias zmiňuje používání barviva z blizen květů šafránu pravého známého pod názvem **šafránová žlut'**, která se používá k získání žlutého odstínu u rýže nebo omáček. Květy šafránu byly sušeny na slunci, usušené rozdrceny na žlutý nahořklý jemný prášek, ze kterého bylo barvivo získáno louhováním vodou. Za žlutý odstín barviva je zodpovědná obsažená látka nazývaná krocin (obr. č. 1). Šafránová žlut' je evidována pod kódem E164 a

v dnešní době se jedná o jedno z celosvětově nejdražších potravinových barviv (na 1 kg sušeného prášku je potřeba až sto tisíc květů šafránu pravého). Vědecké studie prováděné na lidech dokazují antikarcinogenní účinky tohoto barviva. V posledních letech se začalo dotyčné barvivo využívat při léčbě aterosklerózy a artritidy [16,17].



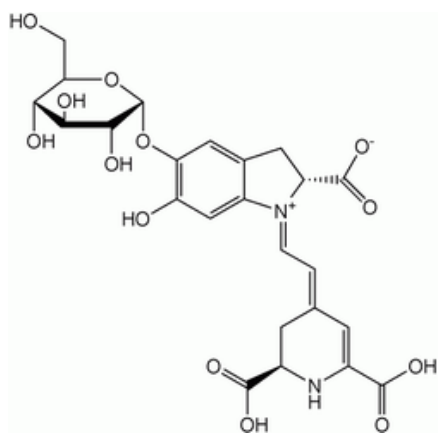
Obrázek č. 1: Struktura krocínu

Světlice barvířská, jiným názvem saflor, je teplomilná rostlina nenáročná na vodu, původně pěstovaná v jihozápadní Asii a na Africkém kontinentu v údolí Nilu, odkud se postupně rozšířila napříč světem. Tato olejnatá bylina připomínající bodlák patří do čeledi hvězdnicovitých. Již od dob starého Egypta se z květů světlice barvířské získávala glykosidová barviva skupiny chinochalkonů (odvozených od flavonoidů) – žluté ve vodě rozpustné barvivo zvané **saflorová žlut'** a červené ve vodě nerozpustné barvivo **karthamin** (obr. č. 2). Prášek z květů se původně používal k barvení sýrů a jako textilní barvivo. Z důvodu využití světlice barvířské v minulosti výhradně jako barvířské byliny začalo její pěstování s příchodem syntetických barviv upadat. Nyní zpětně nahrazuje syntetická barviva v potravinářství, kde bychom její přítomnost našli ve šťávách, želé a cukrovinkách. Kromě toho stále zaujímá své místo v textilním a farmaceutickém průmyslu. Ovšem jejím ekonomicky nejvýhodnějším využitím současné doby je lisování semen na olej, který obsahuje vysoké množství nenasycených mastných kyselin [18].



Obrázek č. 2: Struktura karthaminu

Řepa červená spolu s některými kaktusovými plody (Opuncie) přirozeně obsahuje glykosidové barvivo červeného až fialového zbarvení zvané **betanin** (obr. č. 3) neboli **betaninová červeň** (E162), které spadá do skupiny betalainů, jež se řadí mezi deriváty indolu. Toto barvivo se získává zahuštěním řepou obarvené vody. Hlavní nevýhodou betaninu je jeho poměrně vysoká nestabilita, výhodou naopak absolutní zdravotní nezávadnost. Řepa červená byla hojně využívána již ve starověku pro blahodárný vliv na lidský organismus, především pro své protizánětlivé účinky. Betanin je přítomen v nápojích, mléčných výrobcích (jogurty s borůvkovou příchutí), marmeládách a mražených nebo masných výrobcích [19].

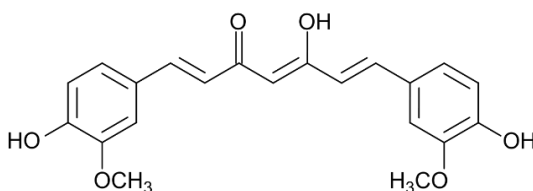


Obrázek č. 3: Struktura betaninu

Dalším přírodním a dlouho využívaným barvivem je barvivo sytě žlutého až oranžového odstínu, které se řadí do skupiny kurkuminoidů, fenolových sloučenin příbuzných lignanům. Získává se z oddenků rostliny kurkumovníku dlouhého (rostlina příbuzná zázvoru), jejíž původním výskytem byly oblasti Číny, Indie a Pákistánu. Jedná se o barvivo **kurkumin** (obr. č. 4) neboli CI přírodní žlutě 3 označované kódem E100. Kurkumin dává pokrmům mírně nahořklou a dřevnatou chuť. Výrobci potravin jím nahrazují příliš finančně nákladný

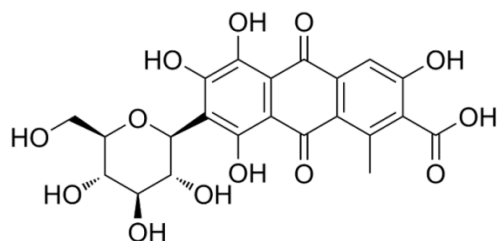


šafrán nebo umělé barvivo tartrazin (E102). Kurkumin je součástí koření kari, které je typické pro tradiční asijskou kuchyni. Je mu připisováno hned několik přínosů pro lidský organismus, má údajně příznivý vliv na trávicí soustavu, protibakteriální účinky a podporuje funkci imunitního systému. Hojně se využívá v pečivu, kde nahrazuje žlutou barvu vajec. Dále se vyskytuje ve žvýkačkách, margarínu, hořčici nebo instantních polévkách. Běžné je také jeho používání ve směsích s alkoholem nebo polysorbáty (emulgátory, stabilizátory a odpěňovače). Kromě potravinového průmyslu nachází uplatnění při barvení dřeva, výrobě mastí a vosků [19].



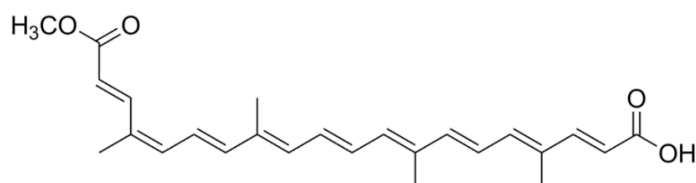
Obrázek č. 4: Struktura kurkuminu

**Košenila** neboli karmín (E120) je červené velmi kvalitní přírodní barvivo živočišného původu získávané extrakcí z vysušených těl oplozených samiček hmyzu červce nopálového, který pochází ze Střední a Jižní Ameriky, kde žije na stinných částech rostlin opuncí. Červec nopálový vytváří karmínově červené barvivo za účelem ochrany proti eventuálním predátorům. Karmín je de facto přečištěné barvivo připravené z košenily. Košenila jako taková je derivátem antrachinonu a patří mezi chinonová barviva. Při přidavku do potravy ji obarví červeně, v případě reakce se zásaditou látkou zmodrá. Hlavní barevnou složkou košenily je kyselina karmínová (obr. č. 5), což je stálá, ve vodě rozpustná kapalina. Přidává se do nejrůznějších druhů potravin napříč pestrou paletou produktů potravinového odvětví. Své uplatnění nachází i ve farmaceutickém průmyslu a kosmetických výrobcích. Z důvodu finanční náročnosti zisku barviva je košenila běžně nahrazována jinými červenými barvivy (často již zmiňovaným betaninem). Košenila je, co se týče přidávání do potravin, velmi kontroverzním tématem pro konzumenty praktikující vegetariánský způsob stravování (i vzhledem ke způsobu usmrcení hmyzu nutného pro získání barviva), hlavně ale pro možné zapříčinění alergických reakcí u citlivých jedinců. V rámci Evropské unie byla stanovena pro košenilu hodnota ADI na 5 mg/1 kg tělesné hmotnosti [20,21].



Obrázek č. 5: Struktura kyseliny karmínové

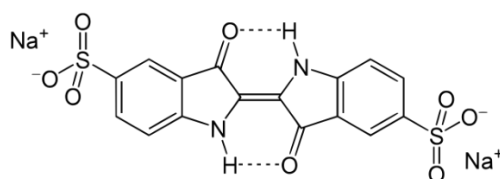
Oreláník barvířský je keř rostoucí v tropických pralesích Střední a Jižní Ameriky. Listy oreláníku jsou používány pro své léčivé vlastnosti v alternativní medicíně, květy se vyznačují bílým až růžovým zbarvením. Z potravinářského hlediska nejpřírodnější jsou plody červeného zbarvení, které ve zralosti uvolňují semena cihlově červené barvy. Tato semena jsou zdrojem červeného barviva **bixinu** (obr. č. 6) patřícího mezi karotenoidy a vznikajícího jako produkt katabolismu luteinu. Bixin, jedno z nejstarších známých barviv, je nerozpustný ve vodě, rozpustný v tucích a používá se k barvení sýrů, másla, pekařských výrobků, margarínů, olejů a dalších výrobků bohatých na tukovou složku. Kromě v potravinách je využíván také v textilním průmyslu nebo kosmetickém odvětví, kde bývá součástí mýdel a rtěnek. Obyvatelé oblastí přirozeného výskytu oreláníku barvířského v dávných dobách barvivo využívali jako součást rituálů k barvení pokožky, vlasů nebo masť. Skupina látek annatto, bixin a norbixin jsou přírodními karotenoidy, které disponují odstíny od žluté přes červenou až po hnědou a jsou k nalezení pod kódem E160b. Studie poukazují u citlivých jedinců trpících kopřivkou při styku barviva s pokožkou na nepříznivé účinky ve formě podráždění nebo alergických příznaků. Při dlouhodobých studiích však nebyly potvrzeny žádné nežádoucí účinky, proto je v České republice barvení vybraných potravin zmiňovaným barvivem povoleno [19].



Obrázek č. 6: Struktura bixinu

Čerstvé listy indigoovníku pravého, rostliny pocházející z Indie a Indonésie, obsahují bezbarvý prekurzor glykosidického základu nazývaný indikan, který je enzymaticky hydrolyzován a dále oxidován na indigo, jež je sulfonováno na tmavě modré barvivo **indigotin**. Indigotin (obr. č. 7) je derivátem indolu a je značně nestálý, na světle velmi rychle bledne. Byl využíván již ve starém Egyptě a Římě, kde měl status významné obchodní

komodity používané k barvení textilií. S předzvěstí přípravy prvního syntetického barviva došlo postupným vývojem k tomu, že přírodní indigotin byl nahrazen tím synteticky vyrobeným. Nyní se indigotin (E132) získává pouze chemickou syntézou, jeho dalšími možnými názvy jsou CI potravinářská modř 1 nebo indigokarmín. Přidává se do řady potravin jako např. do nealkoholických nápojů, mléčných výrobků, cukrovinek nebo zmrzlin. Mezi jeho novodobé nejmarkantnější využití se řadí barvení krmiv pro domácí zvířata a využití v lékařské diagnostice při ověřování funkce ledvin. Pravidelné požívání vyšších dávek indigotinu v potravě může u citlivých jedinců způsobovat vyšší krevní tlak, nevolnost, vyrážku nebo dýchací obtíže [22,23].



Obrázek č. 7: Struktura indigotinu

### 2.4.3. Průlomová příprava prvního syntetického barviva

Až do poloviny 19. století byly do potravin, léků a kosmetiky přidávány převážně barevné látky z rostlinných, živočišných nebo minerálních zdrojů. Ale v průběhu 17. století se začalo rozmáhat barvení potravin barevnými a mnohdy jedovatými anorganickými solemi, což mělo často fatální následky na zdraví konzumentů. Vzhledem k tomu, že v tomto období nebyla zákonem prováděna žádná kontrola v oblasti barvení potravin, nebylo výjimkou, že následkem požití toxické potraviny docházelo i k smrtelným otravám. Přítomnost pigmentů ve formě kovových sloučenin byla běžným prostředkem maskování nízké kvality potravin, a tedy způsobem jejich falšování. Otravy mohly být způsobeny požitím sýrů obarvených červeným práškovým **sulfidem rtuťnatým**, též nazývaným rumělka. Do lidského organismu se mohly dostat toxické **olovnaté sloučeniny** mající potenciální vliv na neplodnost, kterými se běžně potíralo pečivo, cukrovinky či kyselé okurky. Nebo byly zaznamenány otravy následkem barvení potravin **síranem měďnatým**. **Arsenát**, vzácný zelený minerál bohatý na měď, tzv. euchroit, byl zase využíván k falšování potravin. Sloužil k obnově barvy použitých čajových lístků, aby mohly být opětovně prodány.

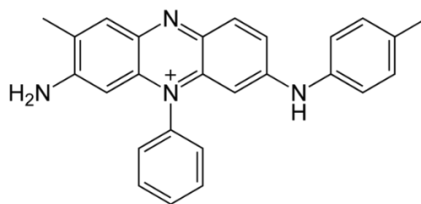
Historicky první příprava **kyseliny pikrové** v roce 1771 se považuje za předzvěst přicházejícího období produkce syntetických barviv. Tato jedovatá a v práškovém stavu výbušná sloučenina barví hedvábné vlákno na žlutozelenou barvu. I přes svoji toxicitu se

uplatňovala v potravinářství při barvení těstovin. Ale vzhledem k tomu, že se jedná o sloučeninu velmi nestálých vlastností, bylo od jejího používání z ekonomických důvodů brzy upuštěno.

V odvětví vinařství bylo běžnou praxí přidávat do červeného vína organické barvivo **fuchsin**, které tvoří v roztoku fialovočervenou barvu. Fuchsin se vyráběl z kyseliny trihydrogenarseničné, tudíž víno obarvené fuchsinem mohlo obsahovat stopy arsenu, který se v organismu metabolizuje nejčastěji na toxický oxid arsenitý. Je více než evidentní, že opakované vystavení organismu zvýšeným dávkám toxických sloučenin arsenu mohou nevratně vést k poškození zdraví. Dalším důkazem neznalosti toxicity používaných organických sloučenin jako barvicích prostředků v potravinách bylo jedovaté azobarvivo dimethylaminoazobenzol, které poskytovalo sytě žluté zbarvení máslu a margarínům.

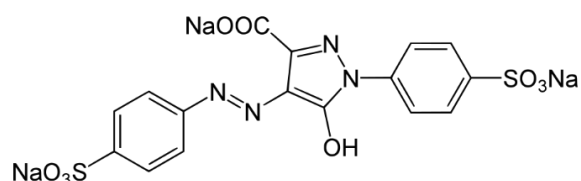
Všechny zmiňované toxické sloučeniny byly aplikovány převážně s jedním záměrem, a to za účelem vylepšení vzhledu potraviny. Navíc byly přidávány do potravin bez konkrétní informovanosti o zdravotní nezávadnosti. Situace se naštěstí do dnešní doby změnila natolik, aby bylo barvení potravin povoleno uplatňovat pouze tehdy, když je to z technologického hlediska nezbytné a jen za pomoci zdravotně nezávadných barviv. V žádném případě nesmí být barvení výrobku použito k záměrnému klamání spotřebitele [24-26].

Ale zpět k průlomovému objevu tehdejší doby na poli syntézy organických barviv. O přípravu celosvětově prvního syntetického organického barviva se zasloužil v roce 1856 anglický chemik William Henry Perkin. Při neúspěšném pokusu vyrobit chinin shodou okolností připravil purpurové barvivo, které pojmenoval **mauvein** (obr. č. 8). Toto první anilinové barvivo bylo syntetizováno z černouhelného dehtu a pojmenováno podle francouzského názvu fialově kvetoucí rostliny slézu – mauve. Perkin barvivo uvedl na trh o rok později a svůj úspěch si nechal patentovat. Barvily se pomocí něj potraviny, léky a kosmetika. Tento velkolepý pokrok si velmi rychle získal pozornost ve světě syntézy barviv a stal se inspirací k tvorbě dalších barviv odvozených od anilinu a jiných organických sloučenin z uhelného dehtu.



Obrázek č. 8: Struktura mauveinu

Zanedlouho poté se roku 1862 podařilo syntetizovat první červené azobarvivo německému chemikovi Johannu Peteru Griessovi. Objevu azobarviv, jako jedné z dominantních tříd barviv velmi stálých vlastností, prvně předcházelo úspěšné provedení diazotačních a kopulačních reakcí. Azobarviva žlutého až černého zbarvení jsou dusíkatými deriváty uhlovodíků obsahující azoskupinu, často se vyskytující ve formě sodných solí sulfonových kyselin. Mají dodnes značné využití napříč nejrůznějšími odvětvími. Mezi azobarviva (někdy současně i mezi pyrazolonová barviva) se řadí žlutě zbarvený tartrazin E102 (obr. č. 9), který se využívá v potravinářství, nebo methyloranž či methylyčerveň používané jako indikátor pH při titračních reakcích.



Obrázek č. 9: Struktura tartrazinu

Chemicky syntetizovaná barviva jsou zkrátka levnější, jednodušší na přípravu, mají delší skladovatelnost, mimořádné barvicí schopnosti a neposkytují požitavě nežádoucí příchutě. Všechny zmíněné aspekty si výrobci potravin velmi dobře uvědomovali, proto zanedlouho po úspěšné přípravě prvního syntetického barviva nastal rychlý vzestup syntézy dalších barviv. Do konce 19. století byly připraveny téměř všechny typy syntetických barviv s výjimkou pár těch, jejichž syntéza proběhla až v průběhu dalšího století. S téměř exponenciálně rostoucím využitím vznikaly oprávněné obavy o lidské zdraví při konzumaci potravin s přídavkem organických barviv syntetizovaných převážně z uhlého dehtu, která doposud nebyla toxikologicky zkoumána. Většina z barviv vzniklých v této době, pokud nebylo později z bezpečnostních důvodů jejich používání zakázáno, se využívá dodnes. V mnoha případech se změnilo pouze výchozí materiály pro jejich syntézu. V dnešní době se nejčastěji získávají z vysoce přečištěných ropných produktů. [14,26-29].

S postupem času došlo k proliferaci syntetizovaných barviv z Evropy a Spojených států amerických takřka do celého světa. Na přelomu 19. a 20. století se již tato barviva běžně přidávala do škály nejrůznějších potravin. Na trhu se v jednu chvíli objevilo až na 80 organických barviv, avšak některá z nich byla určena pouze a výhradně k barvení textilu. Syntetická barviva své dlouho obstojně působící předchůdce, přírodní barviva, téměř zcela nahradila nejen v potravinářském, ale také v textilním, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Jelikož v USA došlo k legalizaci používání organických syntetických barviv

v potravinách již v roce 1860, producentům potravin v jejich ekonomicky velmi výhodném záměru přidávat syntetická barviva do potravin místo barviv přírodních nestálo nic v cestě. Největšími problémy, jak se později ukázalo, byla chybějící intervence v podobě vládní regulace a absence testů na toxicitu a další nežádoucí účinky využívaných syntetických barviv. Jelikož se tehdejší barevné přísady vyráběly výhradně z toxického anilinu získávaného z černouhelného dehtu, dalo se předpokládat, že i produkty z toxických prekurzorů budou jistým způsobem zdraví škodlivé.

Na základě přínosů průmyslové revoluce se postupem času rozvíjely vědecké nástroje, které byly schopné identifikovat cizorodé látky v potravinách. To znamenalo značný pokrok při odhalování falšovaných potravin, které byly na trhu bohužel běžně dostupné. U čím dál tím většího procenta americké populace rostl zájem o to, aby kontrola nad potravinami byla prováděna skrze náležitá legislativní opatření. V 80. letech 19. století se o zlepšení bezpečnosti potravin zasloužil americký chemik Harvey Washington Wiley (obr. č. 10), který pracoval na vedoucí pozici na Ministerstvu zemědělství USA. Výsledkem za jeho dlouhou, ale úspěšnou snahou zakázat používání jedovatých a zdraví škodlivých barviv bylo spoluautorství zákona “Pure Food and Drug Act”, který byl v roce 1906 přijat Kongresem jako platný zákon Spojených států amerických a stal se prvním ze série významných zákonů na ochranu spotřebitele. Wiley, známý jako „otec zákona o čistých potravinách a lécích“, se vytvořením zákona zasloužil o zákaz používání škodlivých barviv k zakrývání nedokonalostí potravin, zákaz mezistátního obchodu nesprávně označených nebo falšovaných potravin, vytvoření pravidel pro používání syntetických barviv a povolení pouze sedmi (u kterých byla deklarována bezpečnost) z velkého množství dostupných uměle vyrobených barviv. Vytvořený seznam povolených syntetických barviv vstoupil do poloviny 19. století v platnost ve většině zemí světa a s odstupem času došlo ke vzniku nových seznamů povolených syntetických barviv v jednotlivých zemích zvlášť.



Obrázek č. 10: Harvey Washington Wiley

Z důvodu reorganizace Úřadu chemie Spojených států amerických v roce 1927 vznikl Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (Food and Drug Administration, FDA), který nesl zodpovědnost za kontrolu potravin, léčiv a kosmetických přípravků v zemi. V návaznosti na první zákon z roku 1906 byl v roce 1938 orgánem FDA vydán zákon o potravinách, lécích a kosmetice “Food, Drug, and Cosmetic Act”, který zajišťoval bezpečnost a kvalitu potravin. Na základě tohoto zákona musí být každé syntetické barvivo před použitím v potravinách schváleno úřadem FDA, který mu udělí označení “FD&C” s názvem barviva či jeho číselným označením. Současně je také dána příslušná specifikace konkrétního barviva týkající se výroby, povoleného množství a dalších souvisejících kritérií. FDA spolu s EFSA jsou i v současnosti hlavními světovými organizacemi, které regulují přídatné látky v potravinách [16,25,28,30,31].

#### **2.4.4. Renaissance využití přírodních barviv**

Fakt, že příroda ve své podstatě dominuje nad vším, co bylo stvořeno rukou člověka, se potvrdil i v odvětví barvení. K opětovnému rozvoji přírodních barviv zřejmě přispělo rostoucí povědomí veřejnosti o ohrožení životního prostředí vlivem nebezpečnosti vyplývající z globálního používání syntetických barviv, ale znalci tohoto odvětví poukazují především na skutečnost vyvolanou z iniciativy populace obávající se o své zdraví. Nezanedbatelnou roli zajisté hrál i ekonomický faktor prudkého nárůstu cen surovin pro výrobu syntetických barviv následkem ropné krize v 70. letech minulého století.

Jak již bylo několikrát naznačeno, synteticky vyrobená potravinářská barviva jsou z pohledu bezpečnosti v dlouhodobém měřítku velmi kontroverzním tématem. Na ono klíčové téma bylo vypracováno nespočet studií, z nichž některé jednoznačně potvrzují a některé naopak vyvracejí přímý vliv nežádoucích účinků na používání syntetických barviv. Některá barviva jsou podezřelá z karcinogenity, některá údajně již ve velmi malých dávkách negativně ovlivňují nervovou soustavu člověka. Studie se však hromadně shodují na stanovisku, že nejvíce ohroženou věkovou skupinou jsou děti, u kterých při opakované konzumaci potravin a nápojů s vybranými syntetickými barvivy často dochází k hyperaktivitě spojené s poruchami pozornosti. Na základě nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) je od roku 2010 povinností výrobců potravin uvádět na obalech výrobků obsahujících vybraná syntetická barviva upozornění, že obsažená barviva mohou nepříznivě ovlivňovat činnost a pozornost

děti. Konkrétně se jedná o barviva tartrazin (E102), chinolinová žlut' (E104), žlut' SY (E110), azorubin (E122), Ponceau 4R (E124) a červeň Allura AC (E129).

Od přípravy prvního organického barviva uplynulo mnoho let a bylo vyrobeno na stovky potravinových barviv. U drtivé většiny z nich ale byla dříve či později zjištěna toxicita. Přitom barvivo jako takové nemusí být toxické, ale často zahrnuje nejružnější kontaminanty s rakovinotvornými účinky. Jedná se o barviva tartrazin, žlut' SY nebo červeň Allura AC, která mohou obsahovat karcinogenní látky jako benzidin, 4-aminobifenyl nebo 4-aminoazobenzen [26,32-34].

V soudobé éře zdravého životního stylu celosvětově roste zájem o kvalitu a bezpečnost potravin a zvyšuje se snaha o ekologickou udržitelnost a ochranu naší planety. V průběhu posledních desetiletí se lidé začali více zajímat o to, z jakých složek jsou složeny pokrmy, které běžně konzumují. Jednoznačně se dostal do popředí požadavek společnosti, který vyžaduje co možná nejpřirozenější složky lidské potravy. Plynoucí čas totiž přináší technický pokrok i na poli stanovení toxicity jednotlivých barviv. A tak se stává, že nově vypracované studie mnohdy přinesou překvapivé výsledky v podobě důkazů negativního dopadu na lidské zdraví u doposud povolených syntetických barviv, která se po několik desetiletí běžně přidávala do potravin.

Nejčastěji se barviva přidávají do výrobků vyznačujících se nižší výživovou hodnotou, tedy do produktů typu limonády, cukrovinky nebo mražené krémy. Často je ale nalezneme i v mléčných výrobcích, pudincích, džemech a mnoha dalších výrobcích. V případě, že se chceme vyhnout potravinám s přidanými syntetickými barvivy, lze při důkladné selekci na trhu s potravinami narazit i na takové potraviny, které barviva neobsahují vůbec nebo obsahují pouze ta přírodní barviva, která jsou považována za zdraví neškodná (obr. č. 11). Z důvodu nejednoznačného bezpečnostního hlediska některých syntetických barviv figurují na soudobém trhu i takové společnosti, které přidávají do svých produktů výhradně barviva přírodního původu. Jako konkrétní příklad lze uvést v případě segmentu zmrzlin, nanuků a mražených krémů vybrané produkty firem Nestlé a Algida. Tyto společnosti nahradily u vybraných výrobků v minulosti používaná syntetická barviva odpovídajícími přírodními. Pozitivním aspektem současného vývoje barvení potravin je, že stále více výrobců působících na trhu s potravinami se snaží využívat ve své výrobní praxi barviv přírodních, které jsou v dnešní době díky technologickému pokroku schopny plnohodnotně kompenzovat své syntetické protějšky (např. karoteny, anthokyany, annatto nebo paprikový extrakt). A dokonce se mnohdy jedná o látky, které jsou pro náš organismus užitečné. Na druhou stranu se



v konečné ceně výrobku však zákonitě musí projevit aspekt nákladnější výroby těchto potravin [19,25,31,35].



Obrázek č. 11: Zdroje přírodních barviv

### 2.4.5. Budoucnost barevných přísad

Nedostatky přírodních barviv (jak bude podrobněji uvedeno v kapitole 2.5.1.), které historicky přispěly k upuštění od jejich využívání, jsou v dnešní době považovány za téměř zanedbatelné ve srovnání s jejich přínosy. Přírodní barviva mohou být ve své podstatě považována za jistá nutraceutika, tedy mohou udržovat (popřípadě i zlepšovat) zdravotní stav příjemců. Některá přírodní barviva obsahují látky, které slouží k prevenci chorob. Častokrát bývají bohatým zdrojem vitamínů a antioxidantů, zkrátka obsahují složky lidskému zdraví prospěšné. Například barvivo kurkumin snižuje hladinu LDL cholesterolu, a naopak zvyšuje hladinu HDL cholesterolu, barvivo riboflavin je zároveň vitamínem B2, jenž příznivě podporuje náš imunitní systém, chlorofyly a chlorofyliny napomáhají léčbě anémie, karoteny působí jako antioxidanty a  $\beta$ -karoten, jeden ze zástupců karotenů, se v lidském organismu metabolizuje na v tucích rozpustný vitamín A. Příznivé budoucnosti přírodních barviv navíc nasvědčuje fakt, že seznamy schválených syntetických barviv se v dlouhodobém horizontu v jednotlivých zemích zužují, oproti tomu seznamy povolených přírodních barviv s postupem času narůstají. Jak již bylo několikrát uvedeno, přispívá tomu i rostoucí poptávka po skutečně přírodních produktech z řad samotných konzumentů. Netoxická, biologicky odbouratelná a ekologicky přívětivá přirozeně odvozená barviva označovaná novodobým názvem biobarviva si postupně získávají popularitu u spotřebitelů preferující zdravý životní styl. Ale syntetická barviva v současnosti stále zauímají své pevné místo na trhu s potravinami a hrají značnou roli při jejich barvení. Rozhodujícím kritériem pro výrobce jsou pořád nižší náklady, které vydají na produkci potravin s přidanými umělými barvivy ve srovnání s barvivy přírodními.

Situace v tak globálním měřítku se nezmění ze dne na den, ale s přesunem preferencí spotřebitelů může být změna reálným cílem delšího časového období [16,19,35].

Přírodní barviva jsou široce rozšířena v námi běžně konzumovaných produktech. Denně nevědomě konzumujeme velké množství pigmentů (především anthokyanů, karotenů a chlorofylů) prostřednictvím ovoce, zeleniny, semen a kořenů. Odhaduje se, že až 70 % ze všech rostlin na světě nebylo dosud prozkoumáno a naopak pouze 0,5 % z celkového množství bylo podrobně analyzováno. S každým nově objeveným zdrojem pigmentu je vyžadováno posouzení bezpečnosti a schválení jako potravinářského barviva organizacemi FDA nebo EFSA, což je proces velice finančně nákladný a časově náročný.

V soudobé situaci tvoří jeden z nejvýznamnějších segmentů trhu s barvivy skupina karamelových barviv, která zaujímá cca 11 % na globálním trhu barevných přísad. Jedná se o jedno z nejpoužívanějších barviv v potravinách a nápojích, barvení karamellem zaujímá až 98 % z celkového množství všech používaných barviv. Karamel je tmavě hnědá až černá kapalná nebo pevná látka, která vzniká pomalým zahříváním (teploty pohybující se okolo 170 °C v řádech několika hodin) různých druhů cukrů, ať už cukru třtinového nebo řepného. Poskytuje potravině stále hnědou barvu a charakteristickou chuť, barví se jím produkty nejrůznějších oblastí potravin (alkoholické i nealkoholické nápoje, pekařské výrobky, cukrovinky, sójové omáčky, sirupy, instantní polévky) a do budoucna je očekáván značný nárůst využití karamelových barviv ve spojitosti s navýšením produkce kolových nápojů a hotových jídel. Podle přítomnosti přidaných katalyzátorů, které zajišťují urychlení karamelizace, se rozlišuje několik druhů karamelů. **Karamel E150** (pevná látka), též označovaný kulér (vodný roztok karamelu), se používá hlavně k barvení vysokoprocentních alkoholických nápojů. **Kaustický sulfitový karamel E150b** je využíván k barvení lihovin a octa. **Amoniakový karamel E150c** hraje nezastupitelnou roli při barvení kyselých potravin, piva a dalších alkoholických nápojů. **Amoniak-sulfitovým karamellem E150d** se taktéž barví potraviny kyselého charakteru a nealkoholické nápoje. S průběhem procesu karamelizace cukrů je spojený možný vznik zdraví škodlivých polycyklických aromatických uhlovodíků, které však lze za pomoci jistých technologických postupů od produktu oddělit. Rozsáhlé testy karamelových sloučenin neprokázaly karcinogenní účinky na lidský organismus, jsou tedy považována za barviva bezpečná. V případě barviv amoniakového a amoniak-sulfitového karamelu bylo potvrzeno, že obsahují látku 4-methylimidazol, která ve zvýšených dávkách způsobuje rakovinu u pokusných zvířat. Tato heterocyklická organická sloučenina je však ve zmíněných barvivech obsažena v tak nízkých koncentracích, že nemá významný vliv na ohrožení zdravotního stavu člověka [19,25].

Mostem mezi velice vzdálenými břehy přírodních a syntetických barviv se stala syntetická barviva identická s přírodními čili přírodně identická barviva. Ta byla vyvinuta tak, aby se co nejvíce podobala a vyrovnala svým přírodním protějškům, ale zároveň je jejich získávání zprostředkováno uměle na základě chemických reakcí. Taková barviva se strukturou ani chemickým složením neliší od svých původních přírodních předloh. Hlavní výhodou této skupiny barviv je jejich možná vývojová úprava ve prospěch výhodných vlastností jako např. zvýšení stability nebo rozšíření palety možných dosažitelných odstínů. Prvním přírodně identickým barvivem se stal  $\beta$ -karoten uvedený na trh v roce 1954. Na současném celosvětovém trhu s barevnými přísadami zaujímá  $\beta$ -karoten zhruba 17 % z celkové sumy používaných barviv a využívá se především k barvení margarínů, pomazánek s nízkým obsahem tuku, nealkoholických nápojů, cukrovinek nebo pekařských výrobků. Znalci v oblasti výzkumu a vývoje potravinových barviv spatřují ve využívání přírodně identických barviv do budoucna značný potenciál [25,35].

## 2.5. Rozdělení potravinářských barviv

### 2.5.1. Přírodní barviva

Přírodní barviva jsou nejčastěji přirozenou součástí potravin živočišného nebo rostlinného původu. Mohou se také vyskytovat v materiálech přírodního původu, např. jako pigmenty řas, mikroorganismů nebo hub. Mezi přírodní barviva se dále řadí barevné produkty přírodního původu získávané různými technologickými procesy, např. sladový extrakt, karamel, měďnaté komplexy chlorofylů a chlorofylinů nebo některé anorganické pigmenty – uhličitan vápenatý či oxid železitý [23].

V minulosti omezené používání přírodních barviv v potravinářském průmyslu pramení v malé chemické stabilitě těchto sloučenin při záhřevu, ve velice nevýhodném rozkladu na světle, ve vysoké ceně izolace z přírodních materiálů, ve velké proměnlivosti barevných odstínů zapříčiňující nepřijatelné odlišnosti výrobků. Dále také z důvodu, že mohou u výrobku způsobit nežádoucí chuť a vůni. Je nutné je používat ve vyšších koncentracích, protože mají nižší barvicí schopnosti. V neposlední řadě může u přírodních barviv hrozit potenciální nebezpečí kontaminace rostlinného zdroje toxickými kovy, herbicidy nebo insekticidy přímo z půdy [32].

Přírodní barviva jsou velmi početnou skupinou a lze je dále klasifikovat dle výskytu, struktury, rozpustnosti nebo mnoha dalších kritérií. Z chemického hlediska se dají rozdělit na následující skupiny:

- indolová barviva
- pyrrolová barviva
- karotenoidní barviva
- chinonová barviva
- pyranová barviva

V této bakalářské práci jsem se zaměřila pouze na některá vybraná barviva spadající do kategorie přírodních barviv. Jedná se o karotenoidy, flavonoidy, chlorofylová barviva, riboflavin, kurkumin a košenilu. Některá z vyjmenovaných barviv byla uvedena již v předešlých kapitolách v souvislosti s historií barvení potravin. Přehled přírodních barviv s příslušným číselným E kódem a odpovídajícím zbarvením je uveden v následující tabulce.

Tabulka č. 2: Seznam přírodních potravinářských barviv [23]

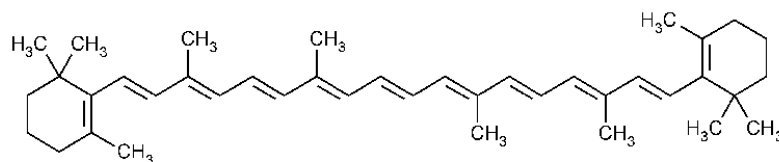
ČÍSLO E	BARVIVO	BARVA
E100	kurkumin	oranžovo-žlutá
E101	riboflavin	oranžovo-žlutá
E120	košenila, karmíny, kyselina karmínová	červená
E140	chlorofyly a chlorofyliny	zelená
E141	měďnaté komplexy chlorofylů a chlorofylinů	zelená
E150a	karamel	tmavě hnědá
E150b	kaustický sulfitový karamel	tmavě hnědá
E150c	amoniakový karamel	tmavě hnědá
E150d	amoniak-sulfitový karamel	tmavě hnědá
E153	medicinální uhlí	černá
E160a	karoteny	oranžovo-žlutá
E160b	annatto, bixin, norbixin	žlutá až červenooranžová
E160c	paprikový extrakt, kapsanthin, kapsorubin	červená
E160d	lykopen	červená
E160e	$\beta$ -apo-8'-karotenal	oranžová
E160f	ethylester $\beta$ -apo-8'-karotenové kyseliny	oranžová
E161b	lutein	žlutá
E161g	kanthaxanthin	růžovo-červená
E162	betalainová červeň, betanin	červená
E163	anthokyany	červená až modrá
E170	uhličitan vápenatý	bílá
E171	oxid titaničitý	bílá
E172	oxidy a hydroxidy železa	červená, žlutá nebo černá
E173	hliník	stříbrná
E174	stříbro	stříbrná
E175	zlato	zlatá

### 2.5.1.1. Karotenoidy

Karotenoidní barviva jsou velmi významnou a početnou skupinou látek, která se podílí na celkovém zbarvení rostlin, ovoce, zeleniny, hub, řas, mikroorganismů a živočichů. Je známo až 700 přirozeně se vyskytujících žlutých, oranžových, červených a žlutozelených převážně lipofilních pigmentů, z toho asi 50 sloučenin (skupina karotenů) vykazuje funkci provitaminu A, prekursoru důležitého antioxidantu. Po chemické stránce jsou karotenoidy řazeny k polyenovým přírodním barvivům (lineární nenasycené konjugované uhlovodíky), jejichž zbarvení vyvolává právě velké množství konjugovaných dvojných vazeb, převážně v konfiguraci trans. Nepříznivý vliv na stabilitu karotenoidních barviv má světlo, změna

teplot a změna pH prostředí. Třída karotenoidních barviv se dělí na dvě hlavní skupiny – karoteny (uhlovodíky) a xanthofyly (kyslíkaté deriváty odvozené od karotenů).

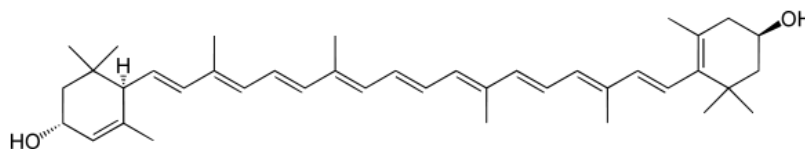
**Karoteny** E160a vyznačující se oranžovožlutým zbarvením jsou jedny z nejdůležitějších barviv využívaných v potravinářství. Nejčastěji se izolují extrakcí nepolárním rozpouštědlem (např. petrolether) z rostlin nebo řas. Za nejznámějšího a z nutričního hlediska nejvýznamnějšího zástupce skupiny karotenů je považován  **$\beta$ -karoten** (obr. č. 12), který stimuluje imunitní systém a je významným antioxidantem a prekurzorem vitamínu A. Přírodní  $\beta$ -karoten je hlavním pigmentem mrkve (běžný obsah kolem 120 mg  $\beta$ -karotenu/kg mrkve), dále se nachází v nejrůznějších druzích zeleniny, ovoci (citrusové plody), palmovém oleji, listech rostlin a v mnoha dalších plodinách. Pro využití v potravinářském odvětví se však většinou používá synteticky vyrobený  $\beta$ -karoten s odlišnou molekulární strukturou, a to nejčastěji k barvení sýrů, margarínů, majonéz, mléčných výrobků, pudinků a cukrovinek. Studie, které se zabývají nadměrným příjmem  $\beta$ -karotenu, odhalily souvislost mezi zvýšeným výskytem rakoviny plic u mužské kuřácké populace a lidmi nadprůměrně konzumujícími alkohol s užíváním vitamínových doplňků obsahujících  $\beta$ -karoten. Předávkování  $\beta$ -karotenem se může projevit reverzibilním zežloutnutím kůže, hodnota ADI pro  $\beta$ -karoten byla stanovena na 5 mg/kg tělesné hmotnosti [19,23,36-38].



Obrázek č. 12: Struktura  $\beta$ -karotenu

Nesubstituovaný polyen **lykopen** E160d je hlavním pigmentem rajčat a šípků. Od struktury lykopenu lze izomerací a cyklizací odvodit struktury molekul  $\alpha$ -,  $\beta$ - a  $\gamma$ -karotenu. Jedná se o červený pigment řadící se mezi karoteny. Zároveň je to nejvíce se vyskytující karotenoid v lidském těle, kde se uplatňují jeho silné antioxidační vlastnosti. Vyskytuje se převážně v rajčatech, odkud se izoluje za pomoci rozpouštědel, a v produktech z nich vyrobených. V průběhu zrání plodu rajčete obsah pigmentu narůstá (až 200 mg/kg). V případě testování zdravotní nezávadnosti lykopenu nebyly zjištěny žádné nežádoucí účinky, naopak údajně působí jako prevence proti rakovině prostaty a žaludku [23,39].

Xanthofyly jsou druhou početnou skupinou patřící mezi karotenoidní barviva. Vznikají jako produkty biochemických oxidací karotenů. Příkladem dihydroxysubstituovaných pigmentů karotenů je xanthofylové barvivo **lutein** E161b (obr. č. 13), žluté barvivo přirozeně se vyskytující ve vaječném žloutku, paprice, listové zelenině, rostlině měsíčku lékařském a v Mexiku pěstované zahradní rostlině afrikánu, prostřednictvím které se žlutý pigment sklízí ve formě barevné moučky. Lutein je v rostlinách rozšířený především v chloroplastech. Z rostlinných pletiv se získává pomocí rozpouštědel. Barvivo dodává potravině jasnou přírodně žlutou barvu, přidává se do nápojů, pekařských výrobků a také do krmiv pro domácí drůbež, aby vylepšilo barvu vaječných žloutků. Lutein se nachází i v oční rohovce, kde pohlcuje škodlivé ultrafialové záření a tím napomáhá zachování dobrého zraku [19,21,23].

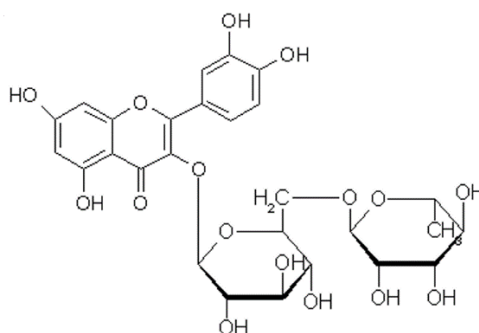


Obrázek č. 13: Struktura luteinu

### 2.5.1.2. Flavonoidy

Flavonoidní látky se řadí do jedné ze zásadních kategorií přírodních barviv, a to do kategorie pyranových barviv. Pyranová barviva jsou početnou skupinou červených, žlutých nebo modře zbarvených látek, jejíž zástupci jsou ve vodě rozpustné a váží se na cukernou složku molekul jako glykosidy. Vyskytují se v nejrůznějších barevných částech rostlin (květy, plody, listy). Flavonoidy (obr. č. 14) jsou kyslíkaté deriváty odvozené od sloučeniny flavanu a významným způsobem se podílejí na barevnosti rostlinných systémů. Podle stupně oxidace a substituce základní molekuly flavanu se flavonoidní barviva rozdělují do několika dalších podskupin např. na flavony, flavonoly, flavanony, katechiny, anthokyanidiny a další. Snad nejznámější a početně nejrozsáhlejší skupinou rostlinných flavonoidních barviv jsou **anthokyaniny** E163. Anthokyaniny jsou z hlediska struktury směsí glykosidů šesti základních anthokyanidinů (kyanidinu, pelargonidinu, peonidinu, delphinidinu, petunidinu a malvidinu). Jejich červené, modré až fialové pigmenty poskytují intenzivní zbarvení mnoha druhům ovoce, zeleniny a květin. Jsou důvodem pestrého zbarvení např. u lesních plodů, švestek, rybízu, třešní nebo hroznového vína. Ve vodě rozpustná anthokyanová barviva jsou lokalizována v buněčných vakuolách, kde se v jednom druhu

rostliny kromě výskytu individuálního pigmentu můžeme setkat i s pestrým zastoupením neomezeného množství pigmentů. Nevýhodou anthokyanů je jejich nízká stabilita a zbarvení značně závislé na pH prostředí. Sytě červeného zbarvení se dosahuje pouze v kyselém prostředí, modrého zbarvení naopak v oblasti alkalické. Anthokyany izolované z přírodních zdrojů se v potravinářství využívají ve formě koncentrátů šťáv různých plodů již velmi dlouhou dobu, jejich nejbohatším zdrojem jsou plody černého bezu. Komerčně se využívá nejčastěji červených hroznů vinné révy k barvení kyselých potravin jako jsou např. mléčné výrobky, cukrovinky, nealkoholické nápoje, nanuky a zmrzliny. Vzhledem k bohatému zastoupení pigmentů napříč paletou člověkem konzumovaných plodin tvoří anthokyany přirozenou součást potravy člověka a jsou považovány za bezpečné. Některé z nich zastupují roli přírodních antioxidantů nebo napomáhají posilovat stěny cév [19,23,38,40].



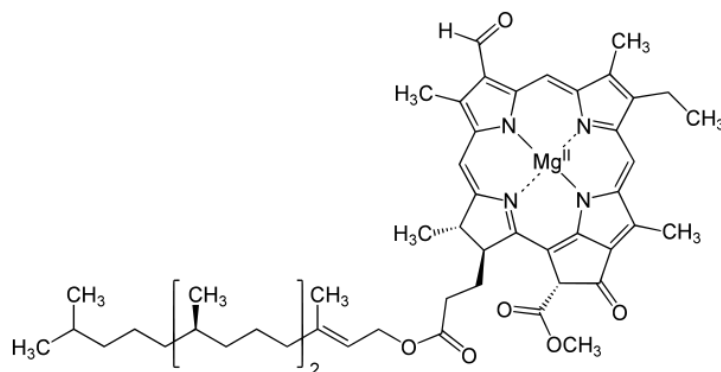
Obrázek č. 14: Struktura rutinu (zástupce flavonoidů)

### 2.5.1.3. Chlorofylová barviva

Chlorofylová barviva spadají spolu se skupinou hemových barviv do kategorie pyrrolových barviv. Pyrrolová barviva tvoří početně menší, ale významnou skupinu barevných pigmentů vyskytujících se u rostlin, živočichů a mikroorganismů. Strukturně se skládají ze dvou až čtyř pyrrolových jader, tvoří tedy dipyrroly, tripyrroly a tetrapyrroly. Z fyziologického hlediska nejvýznamnější je cyklicky vázaný tetrapyrrol, který se nazývá porfin. Chemické struktury chlorofylových i hemových barviv jsou založeny na nejrozličnějších substitucích právě porfinového kruhu. Chlorofylová barviva neboli chlorofyly jsou nejdůležitější fotosynteticky aktivní zelené pigmenty vyšších rostlin, řas a mechů. Základem většiny chlorofylů je cyklický tetrapyrrol 17,18-dihydroporfyryl s centrálně navázaným hořečnatým kationtem. Barvivo zelených částí rostlin uložené v chloroplastech se skládá ze dvou částí – chlorofylu *a* (modrozelené zbarvení) a chlorofylu *b* (žlutozelené zbarvení), které se odlišují navázaným substituentem na druhém pyrrolovém jádře. Kromě chlorofylu *a*



(obr. č. 15) a chlorofylu *b* jsou známy další typy, které se ale nevyskytují ve vyšších rostlinách, nýbrž v řasách a bakteriích. Z hlediska potravin jsou nejrozšířenějšími zelenými přírodními barvivy **chlorofyly a chlorofyliny E140** neboli přírodní zeleň. Získávají se extrakcí rozpouštědlem (aceton, chloroform) zelených částí rostlin. Chlorofyly jsou běžnou součástí výživy, kdy je člověk konzumuje např. v listové zelenině. Chlorofyl je velmi labilní na světle, při vysokých teplotách a v kyselém prostředí, kde velmi ochotně z molekuly uvolňuje hořčík, který je následně nahrazen vodíkem. Z pohledu chemické stability jsou k barvení potravin výhodnější **měďnaté komplexy chlorofylů a chlorofylinů E141**. Obě skupiny povolených barviv se používají k barvení polévek, omáček, nápojů, cukrovinek a těstovin. Chlorofyly se pro svoji schopnost eliminace pachů přidávají také do žvýkaček, deodorantů a ústních vod. Mají prokazatelně pozitivní vliv na některé funkce organismu. Napomáhají hojení ran, pomáhají při léčbě chudokrevnosti, příznivě ovlivňují dýchání, růst tkání a snižují hladinu cholesterolu v krvi. V souvislosti s chlorofylem se v posledních letech také často hovoří o zelené sladkovodní řase nazývané chlorela, která obsahuje vysoké množství chlorofylu a díky tomu se využívá jako doplněk stravy k podpoření průběžné detoxikace organismu [6,19,23,38].

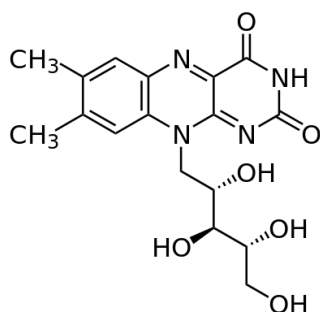


Obrázek č. 15: Struktura chlorofylu *a*

#### 2.5.1.4. Riboflavin

**Riboflavin E101** je derivátem pterinového pigmentu pteridinu patřícího mezi dusíkatá barviva a mohli bychom ho zaznamenat i pod názvy riboflavinová žluť, lactoflavin nebo vitamín B2. Jedná se o přírodní či přírodně identické barvivo oranžovožlutého zbarvení se schopností fluorescence, které je k nalezení v rostlinných i živočišných buňkách. Úloha riboflavinu jako vitamínu je pro lidstvo daleko významnější než jeho barvicí schopnosti. Vitamín B2 je jednou z mála přídatných látek, která je nezastupitelná pro správné fungování

našeho organismu. Jako součást flavinmononukleotidu (FMN) a flavinadeninukleotidu (FAD) významně spolupracuje na získávání energie. Posiluje imunitní systém a disponuje schopností lepšího hojení ran a popálenin. Je důležitý pro dýchání, zdravou kůži a chrání náš zrak. Riboflavin (obr. č. 16) se přirozeně vyskytuje v mléku, droždí, játrech, rybách, vejcích nebo avokádu. V dnešní době se za účelem použití v roli potravinářského barviva vyrábí převážně synteticky a zbarvuje do žluta např. cereální potraviny, cukrovinky, pečivo, majonézy, pudinky, zmrzliny, mléčné výrobky a mnohé další. Pod kódem E101 je kromě riboflavinu zastoupena i jeho lépe rozpustná forma – riboflavin-5'-fosfát, která se po požití v organismu rozkládá na riboflavin [19,41].



Obrázek č. 16: Struktura riboflavinu

### 2.5.2. Syntetická barviva identická s přírodními

Tato barviva mají strukturu identickou s barvivy přírodními, ale získávají se chemickými reakcemi. Do této kategorie patří např. syntetický  $\beta$ -karoten či riboflavin.

### 2.5.3. Syntetická barviva

Syntetická barviva jsou průmyslově vyráběné organické sloučeniny, v minulosti připravované z uhlénoho dehtu, nyní se syntetizují z vysoce přečištěných ropných produktů. Musí obsahovat minimálně 85 % čistého barviva, zbylých maximálně 15 % zaujímají nečistoty ve formě anorganických solí, sloučenin kovů nebo organických látek [19].

Disponují následujícími vlastnostmi v porovnání s barvivy přírodními. Poskytují intenzivnější zbarvení a barevnou stálost, stálost při změnách pH a působení světla, jsou levnější a neovlivňují organoleptické vlastnosti (tedy nevnášejí do barvené potraviny chuť ani vůni). Pomocí různých kombinací jednotlivých barviv lze docílit široké řady odstínů.

Skutečnost, že syntetická barviva našla v potravinářské praxi tak široké uplatnění, se připisuje hlavně ekonomickým důvodům [3]. Na druhou stranu jsou jim připisovány nežádoucí toxické účinky při požití v nadměrných dávkách citlivými jedinci s náchylnostmi k alergiím nebo jsou spojovány s hyperaktivitou u dětí [33].

Konkrétní vlastnosti jednotlivých barviv souvisejí s přítomností funkčních skupin obsahujících dvojnou vazbu. Pro syntetická barviva je charakteristická přítomnost dvou druhů funkčních skupin, a to chromoforů a auxochromů. Chromoforové skupiny jsou např. azo-, nitro-, nitroso- skupiny a souvisejí s chováním látek při redukčních dějích. Auxochromy zajišťují intenzitu zbarvení, chování vůči kyselinám nebo zásadám a afinitu k substrátu.

Podle rozpustnosti se dají syntetická barviva rozdělit na skupinu barviv rozpustných ve vodě (hydrofilní) a skupinu barviv rozpustných v tucích (lipofilní). Dle fyzikálně-chemických vlastností pak na kyselá, neutrální a zásaditá [36]. Veškerá syntetická barviva povolená k barvení potravin jsou hydrofilní. Dle struktury se syntetická barviva rozdělují do osmi základních skupin na:

- azobarviva
- difenylmethanová a trifenylmethanová barviva
- pyrazolonová barviva
- nitrobarviva
- xanthenová barviva
- anthrachinonová barviva
- chinolinová barviva
- indigoidní barviva [23]

Stejně jako v případě charakterizace konkrétních přírodních barviv, tak i u barviv vyrobených synteticky se zaměřím pouze na některé nejvýznamnější zástupce. Přehled používaných syntetických barviv je uveden v následující tabulce.

Tabulka č. 3: Seznam používaných syntetických potravinářských barviv [23]

ČÍSLO E	BARVIVO	BARVA
E102	tartrazin	citronově žlutá
E104	chinolinová žluť	žlutá
E110	žluť SY	oranžová
E122	azorubin	modročervená
E123	amaranth	modročervená
E124	Ponceau 4R	červená
E127	erythrosin	červená
E128	červeň 2G	modročervená
E129	červeň Allura AC	červená
E131	patentní modř V	zelenomodrá
E132	indigotin	tmavě modrá
E133	brilantní modř	modrá
E142	zeleně S	zelená
E151	čeřň BN	černá
E154	hněď FK	hnědá
E155	hněď HT	hnědá
E180	litholrubin BK	červená

### 2.5.3.1. Pyrazolonová barviva

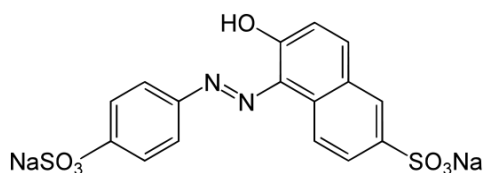
Nejznámějším barvivem odvozeným od dusíkatého heterocyklu pyrazolonu je **tartrazin** E102. Ve své molekule nese i charakteristickou azoskupinu, proto je často řazen i do skupiny azobarviv. Jedná se o oranžový prášek rozpustný ve vodě i alkoholu, který požívatině poskytuje citronově žluté zbarvení. Barvivo se získává z kamenouhelného dehtu, kdy je po vyčištění izolováno ve formě sodné soli. Má velmi výhodné vlastnosti, především vysokou stabilitu. V potravinářství se používá k barvení nealkoholických nápojů, pekařských a mléčných výrobků, cukrovinek nebo hořčice. Ve farmaceutickém průmyslu se jím potahují tablety za účelem barevného odlišení. Tartrazinem se také často barví krmiva pro zvířata. Tartrazin (obr. č. 9 v kapitole 2.4.3.) neboli CI potravinářská žluť 4 je nejčastěji diskutovaným barvivem v oblasti potravinových barviv ve spojitosti s nežádoucími účinky na lidské zdraví. Požívání této látky v nadměrném množství může u některých citlivých jedinců vyvolat alergické reakce, astmatické záchvaty, kopřivku nebo migrénu. Toto syntetické žluté barvivo je ale mnohem častěji než s těmito nežádoucími účinky spojováno s dětskou hyperaktivitou. Kdykoliv je od roku 2010 použit tartrazin (spolu s některými dalšími syntetickými barvivy, jak bylo uvedeno v kapitole 2.4.4.) v potravinovém výrobku, je povinností výrobců potravin uvádět na obalu výrobku varování, že obsažené barvivo může nepříznivě ovlivnit činnosti a pozornost u dětí. Ve většině zemí světa včetně České republiky

je jeho používání povoleno, ale vzhledem ke stanoviskům současných výzkumů je snaha jeho používání omezit a nahradit ho jinými barvivy [19,42,43].

### 2.5.3.2. Azobarviva

Azobarviva jakožto dusíkaté deriváty uhlovodíků jsou takovou skupinou látek, která obsahuje jednu a více funkčních azoskupin. Často se vyskytují v podobě sodných solí sulfonových kyselin. Jsou nejpočetnější a nejvíce komerčně využívanou skupinou organických barviv, která poskytuje nejrůznější zbarvení od žluté až po černou. Vyrábějí se diazotací primárních aromatických aminů za vzniku nestálých diazoniových solí, které následně reagují se sloučeninami schopnými kopulace, jako jsou např. fenoly nebo naftoly a produktem reakce je kýžené azobarvivo. Do skupiny azobarviv patří žluť 2G (E107), žluť SY (E110), azorubin (E122), amarant (E123), Ponceau 4R (E124), červeň 2G (E128), červeň Allura AC (E129), brilantní čern BN (E151), hněd' FK (E154), hněd' HT (E155) a litholrubin BK (E180) [6,19,29].

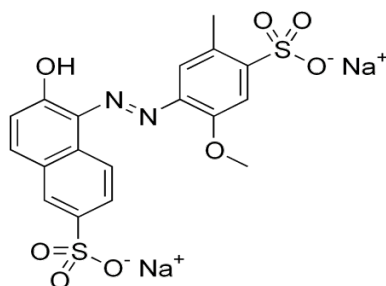
**Žluť SY E110** je žluté až oranžové azobarvivo, které se nejvíce používá k barvení nealkoholických nápojů a cukrovinek. Často se využívá ve spojení s barvivem amarant E123 pro vznik hnědého zbarvení. Toto barvivo je chemicky odvozeno od průmyslového barviva Sudan I, jehož stopové množství může obsahovat. Sudan I je prokazatelně karcinogenní látka a její používání bylo v potravinách zcela zakázáno. Žluť SY (obr. č. 17) může vyvolat nevolnosti, alergické a astmatické reakce a taktéž může způsobovat hyperaktivitu u dětí. V současné době se projednává návrh o zakázání používání tohoto barviva v rámci států Evropské unie (v Evropě se již nesmí používat ve Finsku a Norsku) [19,44,45].



Obrázek č. 17: Struktura žlutě SY

**Červeň Allura AC E129** (obr. č. 18) je jedno z nejrozšířenějších syntetických potravinových barviv ve Spojených státech amerických, kde slouží jako náhrada zakázaného barviva amarant E123. Jedná se azobarvivo, které dodává potravinám červenou barvu a

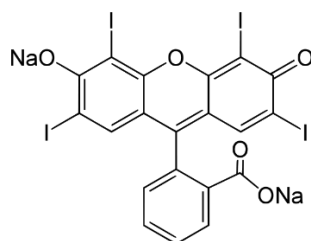
ovocnou chuť. Přidává se do masných výrobků, šumivých nápojů, ale především do cukrovinek, přestože není doporučené ho konzumovat dětmi, jelikož může způsobovat alergické reakce a hyperaktivitu [19].



Obrázek č. 18: Struktura červeně Allura AC

### 2.5.3.3. Xanthenová barviva

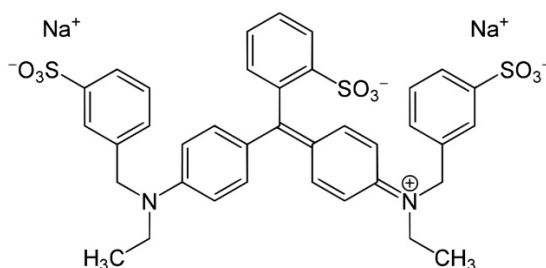
Xanthenová barviva neboli xantheny mohou být kyselé nebo zásadité povahy a za jejich nejznámějšího zástupce je považován **erythrosin** E127 (obr. č. 19). Jedná se o hnědý prášek, který ve vodném roztoku tvoří sytě červené zbarvení. Ve světě se hojně využívá k barvení potravin (marmelády, želé, cukrovinky, ovocné nápoje), kosmetiky, léků nebo jako inkoust do tiskáren. V České republice a v rámci států Evropské unie je povolen používat v oblasti potravin pouze k barvení koktejlových a kandovaných třešní a ovocných salátů s obsahem třešní. Strukturně se jedná o disodnou sůl 2,4,5,7-tetraiodofluoresceinu, která se díky své schopnosti fluorescence uplatňuje i při rentgenových vyšetřeních jako kontrastní látka. Barvivo má při vyšších teplotách tendenci se rozkládat za vzniku jodidových iontů, jejichž přítomnost v těle negativně ovlivňuje činnost štítné žlázy. Při vysoké expozici jodidových iontů na lidský organismus může docházet k narušení metabolismu jódu a v nejkrajnějších případech i k nádorům štítné žlázy. Některé studie poukazují na souvislosti mezi příjmem barviva a přecitlivělostí na světelné záření [6,19,46].



Obrázek č. 19: Struktura erythrosinu

#### 2.5.3.4. Trifenylmethanová barviva

Strukturně jsou trifenylmethanová barviva složena ze tří aromatických kruhů připojených k centrálnímu atomu uhlíku. Jsou to sulfonované sloučeniny dobře rozpustné ve vodě. Tato barviva se v minulosti hojně využívala především díky svým jasným odstínům. Do této skupiny spadají barviva patentní modř V (E131), brilantní modř FCF (E133) a zeleň S (E142). **Brilantní modř FCF E133** (obr. č. 20) je jasně modré barvivo, které se často využívá v kombinaci s dalšími organickými barvivy (např. s tartrazinem tvoří hráškově zelené zbarvení). V potravinářství se používá k barvení sycených nealkoholických nápojů, cukrovinek nebo pekařských výrobků. Vyskytuje se také v potravinářských barvách sloužících k barvení cukrářských hmot a krémů. V kosmetickém průmyslu bývá součástí barev na vlasy, deodorantů a zubních past. Toto vizuálně velice atraktivní „šmoulové“ barvivo při dlouhodobém příjmu do lidského organismu podle studií vede k riziku vzniku zhoubných nádorů, metabolické acidózy, alergických reakcí a k hyperaktivitě u dětí. Přijatelná denní dávka ADI pro brilantní modř FCF je maximálně 12,5 mg/kg. V nápojích je podle příslušné vyhlášky maximální přípustná hodnota barviva 100 mg/l [4,19,47].



Obrázek č. 20: Struktura brilantní modře FCF

## 3. Praktická část

### 3.1. Stanovované barvivo E133

Brilantní modř FCF (známá pod názvy FD&C Blue No. 1, Brilliant Blue FCF) je organická sloučenina klasifikovaná jako trifenylmethanové barvivo a má podobu červenomodrého prášku nebo granulek s kovovým leskem. Při styku s pokožkou či s očima způsobuje vážné podráždění. Molekulová hmotnost sloučeniny  $C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$  je 792,84 g/mol, Colour Index 42090 a registrační číslo CAS 3844-45-9. Brilantní modř FCF (obr. č. 20 v kapitole 2.5.3.4.) je velmi stabilní na světle, taje při teplotě 283 °C. Při zahřátí se uvolňují toxické výpary oxidů síry. Barvivo je dobře rozpustné ve vodě (30 mg/ml), ve které tvoří modrý roztok. Vlnová délka absorpčního maxima je 630 nm. Je prakticky nerozpustné v rostlinných olejích. Obvykle se jedná o disodnou sůl, ale může se vyskytovat i v podobě vápenatých nebo draselných solí. Vyrábí se kondenzací kyseliny 2-formylbenzensulfonové s příslušným derivátem anilinu (např. N-ethyl-N-(3-sulfobenzyl)-anilin) a následnou oxidací [48].

V experimentální části je popsáno stanovení barviva E133 obsaženého ve dvou potravinových výrobcích – v energetickém nápoji KONG STRONG Wild Power-Kamikaze a v limonádě ZON-Laguna pomocí spektrofotometrie ve viditelné oblasti spektra. Spektrofotometrické stanovení bylo zvoleno především z důvodu jednoduché proveditelnosti a časově nenáročné analýzy. Analýza barviva E133 v nealkoholických nápojích je uskutečnitelná např. i pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie v systému s reverzními fázemi ve spojení s detektorem s diodovým polem, pomocí kapilární elektroforézy nebo s použitím dalších kvantitativních technik analytické chemie vhodně uzpůsobených potřebným požadavkům. Nejčastěji se však z již zmíněných důvodů využívá spektrofotometrické detekce [49].

### 3.2. Použité chemikálie a standard

- kyselina boritá p.a. (Lach-Ner, Neratovice)
- kyselina octová 98 % p.a. (Penta, Chrudim)
- kyselina fosforečná 85 % p.a. (Lach-Ner, Neratovice)
- sacharóza p.a. (Lach-Ner, Neratovice)
- kyselina chlorovodíková 35 % p.a. (Lach-Ner, Neratovice)



- hydroxid sodný (Penta, Chrudim)
- barvivo E133 97 % p.a. (Sigma-Aldrich)

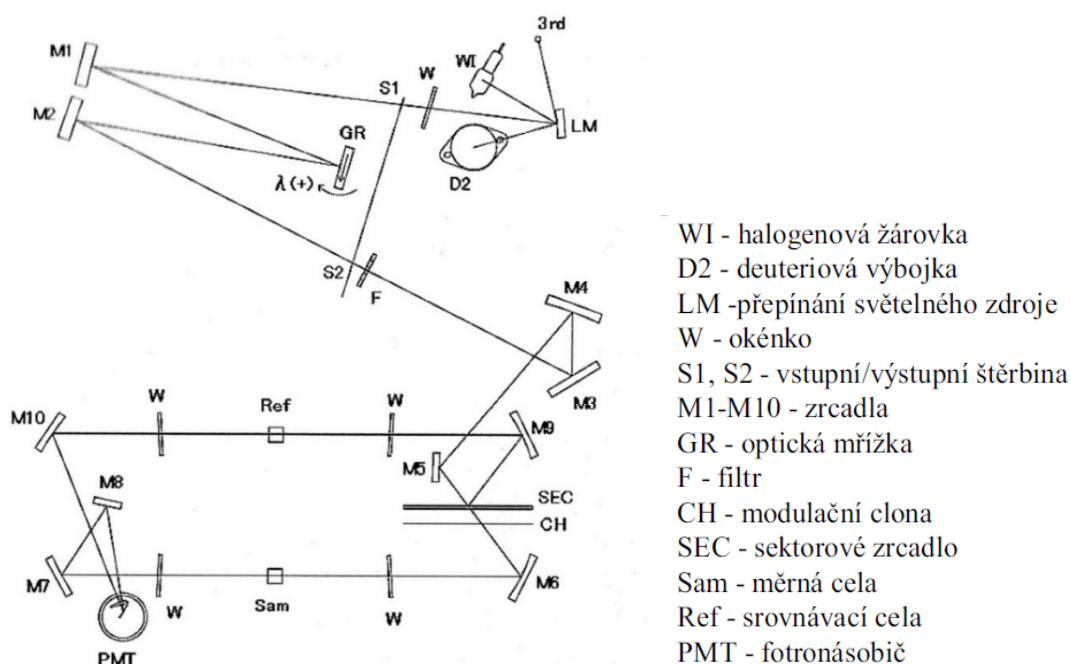
### 3.3. Použité vzorky

- Energy drink KONG STRONG Wild Power-Kamikaze (Lidl, ČR)
- Limonáda ZON-Laguna (ZON, Třebíč)

### 3.4. Použité přístroje a zařízení

- analytické váhy KERN ABT 220 (Kern&Sohn GmbH, Balingen, Německo)
- ultrazvuková lázeň KRAINTEK (Hradec Králové)
- pH metr 827 pH lab (Metrohm, Herisau, Švýcarsko)
- UV-VIS spektrofotometr UV-2600 (Shimadzu, Kyoto, Japonsko)

Dvoupaprskový spektrální fotometr UV-2600 slouží pro měření spekter v ultrafialové a ve viditelné oblasti spektra v rozsahu vlnových délek 185–900 nm. Je vybaven dvěma zdroji záření pro UV a VIS oblast, je možné u něj volit šířku výstupní štěrbinu monochromátoru a rychlost snímání spektra. Jako detekční prvek slouží fotonásobič. Optické schéma je uvedeno na následujícím obrázku č. 21.



Obrázek č. 21: Optické schéma UV-2600

### 3.5. Pracovní postup

Nejdříve byla připravena série Britton-Robinsonových pufrů o pH 2,5; 4; 6; 8; 10 a 12. Britton-Robinsonovy tlumivé roztoky byly připraveny ze dvou složek, z roztoku 0,2M NaOH (složka 1) a ze složky 2 obsahující 0,04M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0,04M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> a 0,04M CH<sub>3</sub>COOH. Smísením obou složek v odpovídajícím poměru byly připraveny výše uvedené tlumivé roztoky, jejichž pH bylo přesně nastaveno pomocí pH-metru.

Na analytických vahách bylo naváženo 16,7 mg standardu barviva E133, toto množství převedeno do 100 ml odměrné baňky a baňka byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Byl tak vytvořen zásobní roztok barviva o koncentraci 167 mg/l. Do 10 ml odměrných baněk bylo napipetováno vždy po 0,2 ml zásobního roztoku barviva a baňky doplněny pufrům o příslušném pH po rysku. Všechny takto připravené roztoky byly proměřeny proti kyvetě obsahující samotný tlumivý roztok v rozmezí vlnových délek 300-750 nm.

Vzorky kalibrační řady byly připraveny do 10 ml odměrných baněk odpipetováním 0,1 ml až 0,6 ml zásobního roztoku standardu barviva (167 mg/l) a doplněny cukerným roztokem o pH 4 obsahujícím 100 g/l sacharózy. Cukerný roztok k přípravě standardů byl použit proto, že oba analyzované nápoje podle deklarovaného složení obsahují 80, resp. 100 g/l sacharózy. Byly tak připraveny roztoky o koncentracích barviva 1,67; 3,34; 5,01; 6,68; 8,35 a 10,02 mg/l.

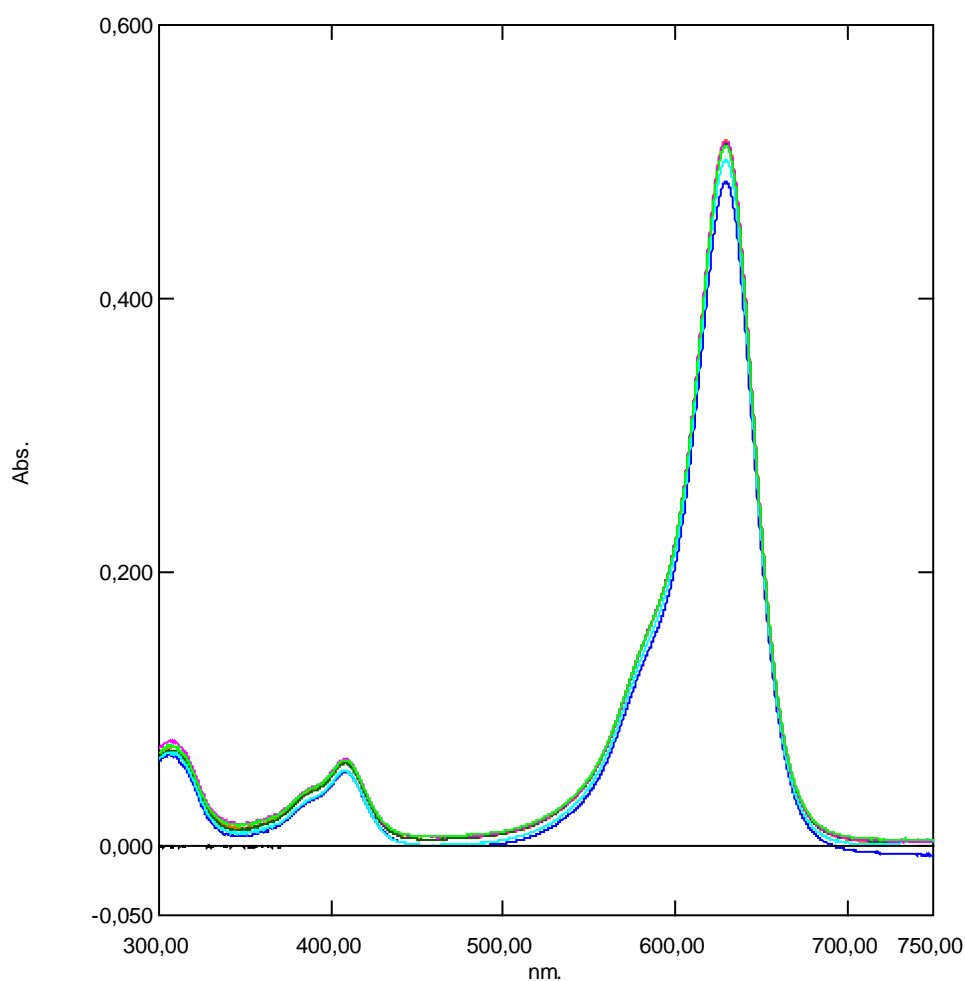
pH analyzovaných nápojů bylo upraveno koncentrovaným roztokem NaOH na hodnotu pH 4. Oba dva takto upravené nápoje byly ještě dále rozděleny na dva vzorky k analýze, přičemž jeden vzorek byl pouze odplyněn v ultrazvukové lázni a ponechán v původní podobě bez dalších úprav. Oproti tomu druhý vzorek byl přefiltrován na membránovém stříkačkovém filtru s velikostí pórů 0,45 μm a následně rovněž odplyněn v ultrazvukové lázni.

Kalibrační roztoky byly proměřeny v oblasti 610–750 nm, analyzované vzorky nápojů byly proměřeny v oblasti 350–750 nm s použitím srovnávacího roztoku 100 g/l sacharózy.

## 4. Výsledky a diskuze

### 4.1. Posouzení vlivu pH na spektrální vlastnosti barviva E133

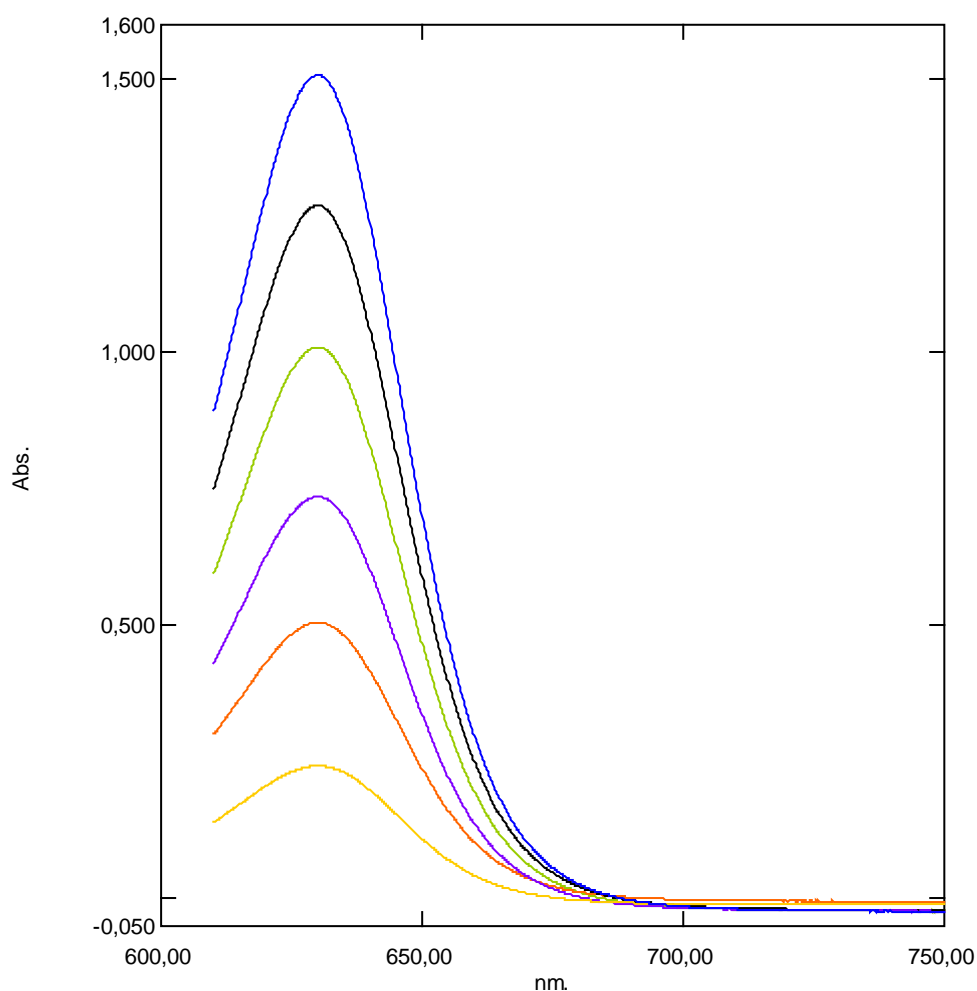
Měření UV-VIS spekter barviva E133 v roztocích se širokým rozsahem pH bylo provedeno z důvodu, aby se zjistilo, zda barvivo vykazuje změny v absorpci světla v závislosti na pH a má tedy acidobazický charakter. K tomu byla změřena UV-VIS spektra uvedeného barviva v roztocích o pH 2,5–12, která jsou uvedena na obrázku č. 22. Bylo zjištěno, že hodnoty absorpčních maxim ani tvar spekter barviva E133 se téměř nemění v závislosti na pH prostředí. Pouze u nejkyselějšího roztoku barviva je patrný mírný pokles absorpce v maximu. V měřeném rozsahu pH analyzované barvivo tedy nevykazuje acidobazický charakter a maximum absorpce záření je u 630 nm. Na základě těchto výsledků bylo pro všechna další měření vybráno pH 4.



Obrázek č. 22: Absorpční spektra barviva E133 při různém pH  
(modré spektrum odpovídá prostředí o pH 2,5)

## 4.2. Kalibrační měření

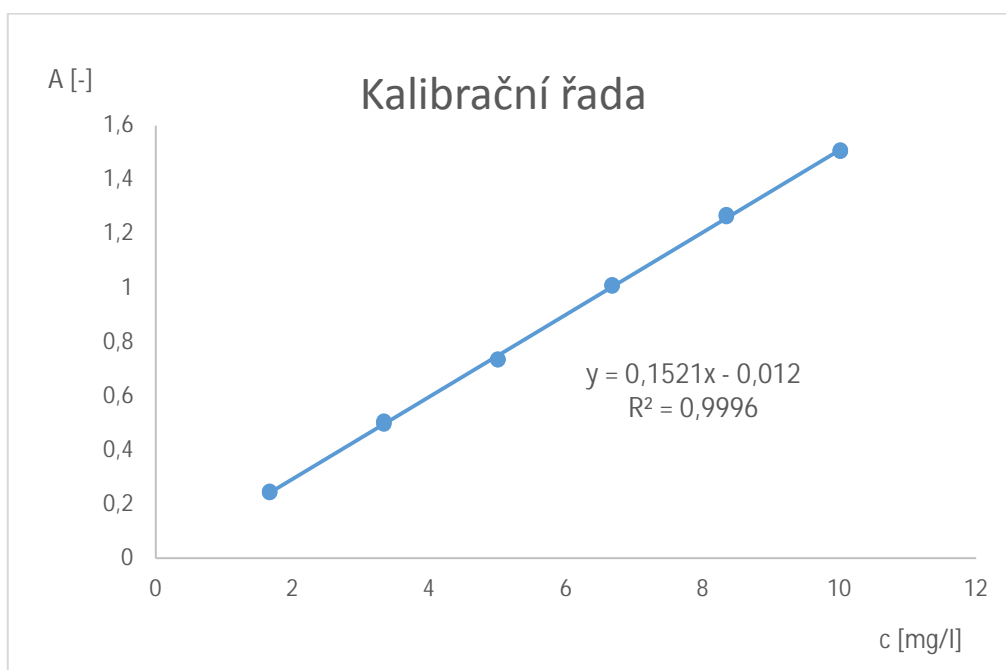
Podle pracovního postupu uvedeného v kapitole 3.5. byla připravena kalibrační řada roztoků barviva v matrici obsahující 100 g/l sacharózy v tlumivém roztoku o pH 4. Jak již bylo uvedeno, cukerná matrice byla zvolena z důvodu, že analyzované nápoje obsahují od 80 do 100 g/l sacharózy. Příslušná spektra roztoků kalibrační řady jsou uvedena na obrázku č. 23. Měření každého standardu bylo opakováno třikrát a hodnoty zjištěných absorbancí odečtené v maximu při 630 nm jsou uvedeny v tabulce č. 4. Kalibrační data byla proložena lineární regresí, jak je patrné z obrázku č. 24. Závislost absorbance na koncentraci barviva je dostatečně lineární, o čemž svědčí vysoká hodnota korelačního koeficientu ( $r = 0,9998$ ). Tato kalibrační přímka byla podkladem pro samotné analýzy vzorků nápojů.



Obrázek č. 23: Absorpční spektra roztoků kalibrační řady standardu

Tabulka č. 4: Kalibrační závislost absorbance roztoku barviva na jeho koncentraci

roztoky kalibrační řady	Absorbance [-] při 630 nm		
	měření č. 1	měření č. 2	měření č. 3
1,67 mg/l	0,242	0,243	0,247
3,34 mg/l	0,495	0,506	0,501
5,01 mg/l	0,733	0,736	0,734
6,68 mg/l	1,006	1,010	1,009
8,35 mg/l	1,263	1,269	1,270
10,02 mg/l	1,505	1,507	1,509



Obrázek č. 24: Kalibrační závislost standardu barviva E133

### 4.3. Stanovení obsahu barviva E133 v analyzovaných nápojích

Obsah barviva E133 v obou nápojích byl zjištěn pomocí metody kalibrační přímky. Jelikož bylo zjištěno, že pH obou analyzovaných nápojů je značně kyselé (hodnota pH energy drinku KONG STRONG Wild Power-Kamikaze byla 3,4 a hodnota pH limonády ZON-Laguna byla 2,7), bylo jejich pH před měřením upraveno pomocí koncentrovaného NaOH na hodnotu pH 4. Dále byla část takto upravených vzorků přefiltrována přes membránový filtr s velikostí pórů 0,45  $\mu\text{m}$  z důvodu odstranění možných nečistot, které by mohly způsobit zákal, a tím zkreslit výsledky měření. Jako srovnávací roztok byl opět použit roztok sacharózy ve vodě o koncentraci 100 g/l taktéž upravený na pH 4.

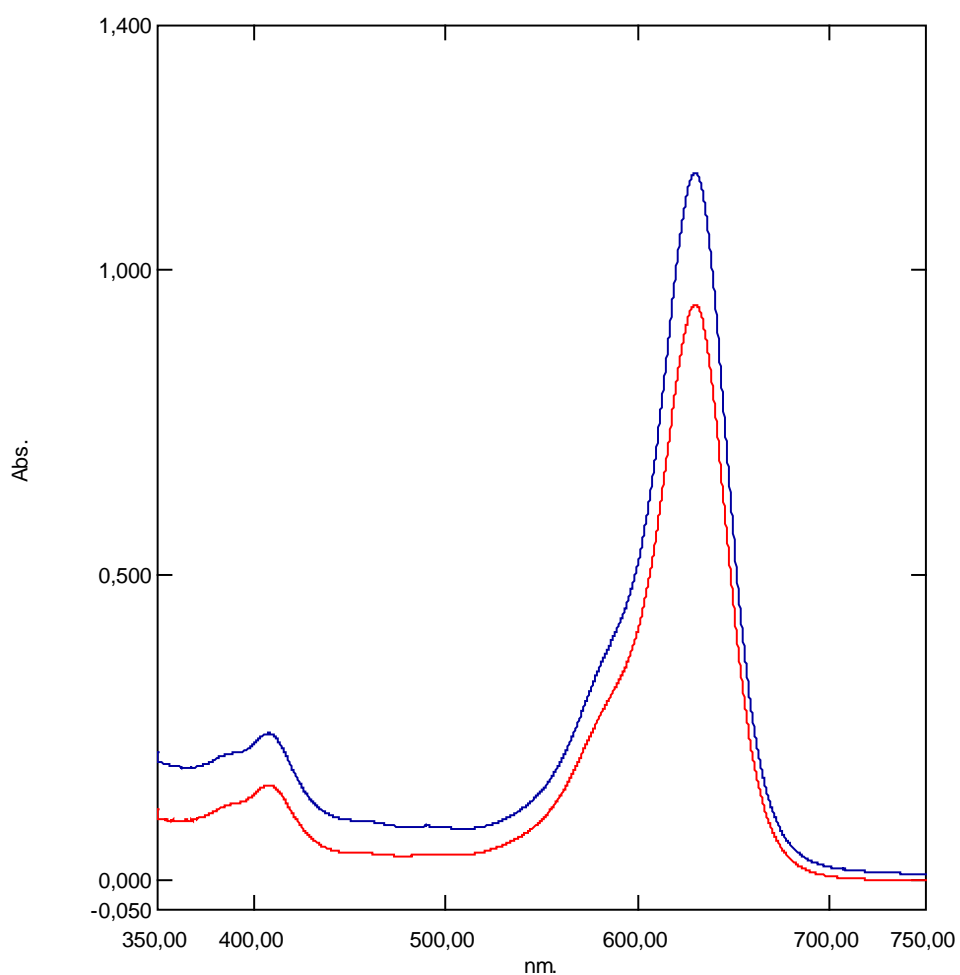
Výsledky měření pro oba analyzované nápoje jsou znázorněny v tabulce č. 5, kde jsou uvedena data pro filtrované i nefiltrované vzorky. Ukázky změřených spekter jsou pro limonádu ZON-Laguna na obrázku č. 25, pro energy drink KONG STRONG Wild Power-Kamikaze na obrázku č. 26. V případě limonády ZON-Laguna došlo po filtraci k výraznému poklesu absorbance v maximu (červeně zbarvené spektrum), čemuž odpovídá i nižší nalezená koncentrace barviva ve vzorku. Zatímco obsah barviva v nefiltrovaném vzorku limonády ZON-Laguna byl 7,7 mg/l, ve vzorku po filtraci bylo nalezeno 6,2 mg/l. V nefiltrovaném vzorku energy drinku KONG STRONG Wild Power-Kamikaze bylo nalezeno 3,0 mg/l barviva, ve filtrovaném vzorku bylo nalezeno 3,2 mg/l barviva.

V příloze vyhlášky č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin [4] je stanoven maximální povolený obsah barviva E133 v nealkoholických nápojích na 100 mg/l. Z pohledu legislativy je obsah nalezených barviv při provedené analýze hluboko pod maximální povolenou hranicí koncentrace. Otázkou však zůstává, zda by nebylo lepší z pohledu potenciálního rizika vlivu syntetických barviv na zdraví konzumentů najít pro barvení potravin vhodnější náhradu z řad barviv přírodních. V tomto konkrétním případě pro získání modrého zbarvení by přicházelo v úvahu použití některých zástupců ze skupiny anthokyanů E163, které poskytují právě žádoucí modré zbarvení. Stále ale velkou roli hraje všudypřítomná otázka rozdílu ceny přírodních a syntetických barviv.

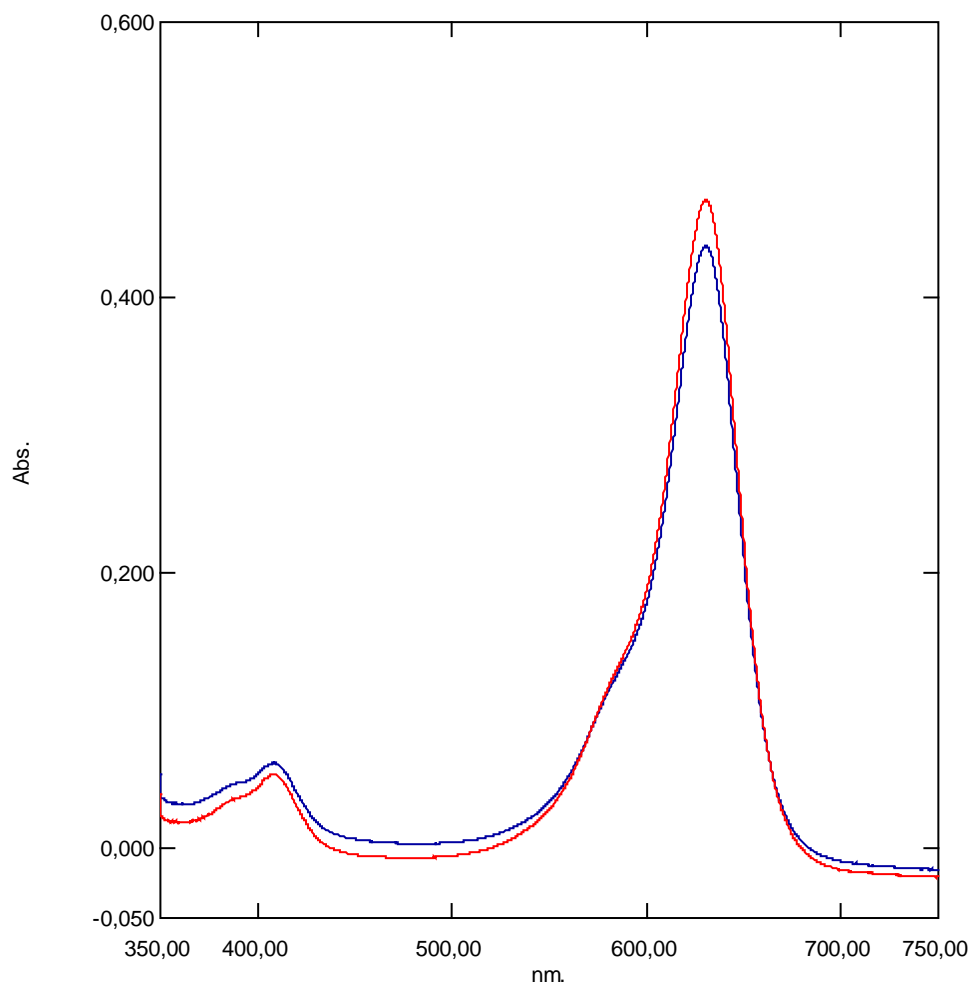
Při zpracování vzorků k analýze bylo také velmi překvapující zjištění značně kyselého pH obou nápojů. Přičemž dlouhodobá nadměrná konzumace takovýchto výrazně kyselinotvorných potravin (kam patří i analyzované nápoje) není pro lidský organismus prospěšná, protože může vést ke zvýšenému výskytu nejrůznějších zdravotních problémů (např. v první řadě k poškození zubní skloviny).

Tabulka č. 5: Kalibrační závislost absorbance roztoku barviva ve vzorku na jeho koncentraci

analyzovaný vzorek	A [-] při 630 nm	$\bar{\epsilon} A$ [-]	c [mg/l]
ZON-Laguna nefiltrovaný	1,158	1,164	7,7
	1,171		
	1,163		
ZON-Laguna filtrovaný	0,929	0,937	6,2
	0,942		
	0,938		
KONG STRONG Wild Power-Kamikaze nefiltrovaný	0,436	0,438	3,0
	0,438		
	0,441		
KONG STRONG Wild Power-Kamikaze filtrovaný	0,470	0,473	3,2
	0,473		
	0,477		



Obrázek č. 25: Absorpční spektra vzorku limonády ZON-Laguna (modré spektrum odpovídá nefiltrovanému vzorku, červené spektrum pak zfiltrovanému vzorku)



Obrázek č. 26: Absorpční spektra vzorku energy drinku KONG STRONG Wild Power-Kamikaze (červené spektrum odpovídá filtrovanému vzorku, modré spektrum pak nefiltrovanému vzorku)



## 5. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá potravinářskými barvivy, jakožto jednou z nejvýznamnějších skupin přídatných látek. Cílem bylo rešeršní zpracování vývoje barvení potravin z historického pohledu až do současnosti. Barviva bezesporu zauímají nepostradatelnou roli v soudobém potravinářském průmyslu, a proto bylo poukázáno i na to, z jakých důvodů a jak moc důležitou roli hraje pro konzumenta právě zbarvení potravin.

Barvicí látky jsou v této práci rozděleny podle svého původu do 3 základních skupin na barviva přírodní, syntetická a syntetická barviva identická s přírodními. Tyto základní skupiny barviv jsou charakterizovány a jsou porovnávány jejich výhody a nevýhody. Dále jsou zmíněné skupiny barviv klasifikovány podle chemické struktury na jednotlivé podskupiny a u vybraných zástupců je zmíněna jejich výroba (v případě barviv přírodních pak jejich přirozený výskyt a získávání z rostlinných či živočišných zdrojů), charakteristické vlastnosti, použití v potravinářských výrobcích, vliv na lidské zdraví a je uveden jejich chemický vzorec.

Stejně jako u dalších aditiv, i u barviv jsou stanovena maximální povolená množství pro používání v poživatinách. Užívání všech povolených barviv v České republice je přísně regulováno evropskou a státní legislativou na základě vědecky podložených poznatků a mělo by tak zajišťovat zdravotní nezávadnost pro spotřebitele. Dostatečná informovanost spotřebitelů jak o potravinářských barvivech, tak i celkově o všech aditivech je velmi důležitá. A poté už je na každém jednotlivci se na základě vlastního uvážení svobodně rozhodnout, zda bude vyhledávat výrobky dobarvené syntetickými barvivy, přičemž s konzumací některých z nich by však u určitých věkových skupin (především u dětí) mělo být nakládáno velice obezřetně, nebo bude preferovat pouze potraviny, jejichž přirozenou složkou jsou barviva přírodní či případně jsou za účelem zvýraznění barevného odstínu přírodními barvivy dobarvovány. Řada přírodních barviv je navíc pro lidský organismus prospěšná, jelikož působí jako přirozené antioxidanty, antikarcinogenní látky nebo mají protizánětlivé a mnohé další blahodárné účinky.

V praktické části byl stanoven obsah syntetického barviva brilantní modř FCF (E133) ve dvou vybraných nápojích, a to v energy drinku KONG STRONG Wild Power-Kamikaze a v limonádě ZON-Laguna pomocí UV-VIS spektrofotometrie metodou kalibrační přímky. V obou analyzovaných nápojích byl nalezen obsah uvedeného barviva, který je hluboko pod hranicí maximálního přípustného obsahu pro toto barvivo.

## 6. Seznam použité literatury

1. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Informační centrum bezpečnosti potravin: Historie a současná pravidla barvení potravin* [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/historie-a-soucasna-pravidla-barveni-potravin.aspx>
2. STÁTNÍ ZEMĚDĚLSTKÁ A POTRAVINÁŘSKÁ INSPEKCE. *Přídavné látky (aditiva)* [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005724&docType=ART&nid=11324>
3. BABIČKA, Luboš. *Přídavné látky v potravinách: Publikace České technologické platformy pro potraviny*. 1. vyd. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2012. ISBN 978-80-905096-3-4.
4. ČESKO. Vyhláška č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídavných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. In: *Sbírka zákonů České republiky*. [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-4/zneni-20110601>
5. ČESKO. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídavných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. In: *Sbírka zákonů České republiky*. [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-130>
6. Přírodní a syntetická potravinářská barviva a pigmenty [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/JPD3/navody2007/5prezentacepigmenty.pdf>
7. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. ěčka – noční můra mnohých z nás [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/czpz/vyziva/legislativa/ecka-nocni-mura.pdf>
8. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Informační centrum bezpečnosti potravin: Identifikace potravinářských aditiv podle čísla (INS). Systém E-kódů. [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: [http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/3\\_System\\_E-kodu.pdf](http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/3_System_E-kodu.pdf)
9. STÁTNÍ ZEMĚDĚLSTKÁ A POTRAVINÁŘSKÁ INSPEKCE. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva [online]. [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: [www.szpi.gov.cz/ViewFile.aspx?docid=1006681](http://www.szpi.gov.cz/ViewFile.aspx?docid=1006681)

10. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Food Colours [online]. [cit. 2018-03-12].  
Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/food-colours>
11. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Informační centrum bezpečnosti potravin: EFSA [online]. [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/efsa.aspx>
12. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Informační centrum bezpečnosti potravin: Posuzování zdravotní nezávadnosti potravinářských aditiv a stanovení jejich akceptovatelného denního příjmu (ADI) [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: [http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/5\\_Stanoveni\\_ADI.pdf](http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/5_Stanoveni_ADI.pdf)
13. ČESKO. Zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. In: Sbírka zákonů České republiky [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110/zneni-20180101>
14. SIMON, James E, Eric A. DECKER, Mario G. FERRUZZI, Monica M. GIUSTI, Carla D. MEJIA, Mark GOLDSCHMIDDT a Stephen T. TALCOTT. Establishing Standards on Colors from Natural Sources. *Journal of Food Science* [online]. 2017, vol. 82, iss. 11, s. 2539-2553 [cit. 2018-02-28]. DOI: 10.1111/1750-3841.13927. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1750-3841.13927>
15. BECHTOLD, Thomas a Rita MUSSAK. *Handbook of Natural Colorants*. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. ISBN 978-0-470-51199-2.
16. BURROWS, Adam. Palette of Our Palates: A Brief History of Food Coloring and Its Regulation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2009, vol. 8, iss. 4, s. 394-408 [cit. 2018-02-28]. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2009.00089.x. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1541-4337.2009.00089.x>
17. FÉR POTRAVINA. E164 – Šafrán, Šafránová žluť [online]. [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <http://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E164>
18. VÝZKUMNÝ ÚSTAV ROSTLINNÉ VÝROBY. Technologie pěstování a možnosti využití světlice barvířské [online]. [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <https://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-87011-21-8.pdf>
19. VRBOVÁ, Tereza. Víme, co jíme? aneb Průvodce „Éčky“ v potravinách. Ecohouse, 2001. ISBN 80-238-7504-3.
20. FÉR POTRAVINA. E120 – Košenila, kyselina karmínová, karmíny [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E120>

21. ČOPÍKOVÁ, Jana, Michal UHER, Oldřich LAPČÍK, Jitka MORAVCOVÁ, Pavel DRAŠAR. Přírodní barevné látky. Chem. listy 99 [online]. 2005, s. 802-816 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005\\_11\\_802-816.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_11_802-816.pdf)
22. FÉR POTRAVINA. E132 – Indigotin (CI potravinářská modř 1, Indigocarmine) [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <http://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E132>
23. VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin 2. 3 vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
24. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Informační centrum bezpečnosti potravin: Historie a současná pravidla barvení potravin [online]. [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/historie-a-soucasna-pravidla-barveni-potravin.aspx>
25. DOWNHAM, Alison a Paul COLLINS. Colouring our foods in the last and next millennium. International Journal of Food Science and Technology [online]. 2000, vol. 35, iss. 1, s. 5-22 [cit. 2018-03-12]. DOI: 10.1046/j.1365-2621.2000.00373.x. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2621.2000.00373.x>
26. KANETKAR, Vinod R. Colour: History and Advancements. Resonance [online]. 2010, vol. 15, iss. 9, s. 794-803 [cit. 2018-03-12]. DOI: 10.1007/s12045-010-0089-2. ISSN 09718044. Dostupné z: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12045-010-0089-2.pdf>
27. MARMION, Daniel. Colorants for Foods, Drugs, and Cosmetics. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology [online]. 2009 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0471238961.0315121513011813.a01.pub3>
28. SHARMA, Vinita, Harold T. MCKONE a Peter G. MARKOW. A Global Perspective on the History, Use, and Identification of Synthetic Food Dyes. Journal of Chemical Education [online]. 2010, vol. 88, iss. 1, s. 24-28 [cit. 2018-03-12]. DOI: 10.1021/ed100545v. ISSN 0021-9584. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/ipdf/10.1021/ed100545v>
29. GREGORY, Peter. Dyes and Dye Intermediates. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology [online]. 2009 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0471238961.0425051907180507.a01.pub2>
30. RANGAN, Cyrus a Donald G. BARCELOUX. Food Additives and Sensitivities. Chemical Contamination and Additives [online]. 2009, vol. 55, iss. 5, s. 292-311 [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1016/j.disamonth.2009.01.004. ISSN 0011-5029. Dostupné z: <https://ac.els-cdn.com/S0011502909000157/1-s2.0-S0011502909000157->

main.pdf?\_tid=57878620-fcb6-42ec-90e0-051096ceba5f&acdnat=1521375271\_65ddff7857e56051d2538cdfd497d4c3

31. CAROCHO, Márcio, Maria F. BARREIRO, Patricia MORALES a Isabel C. F. R. FERREIRA. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2014. vol. 13, iss. 4, s. 377-399 [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1111/1541-4337.12065. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1541-4337.12065>
32. MEDLICKER. Umělá potravinářská barviva: škodí nebo ne? [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné: <https://cs.medlicker.com/1205-skodlivost-potravinarskych-barviv>
33. POTERA, Carol. DIET AND NUTRITION: The Artificial Food Dye Blues. *Environmental Health Perspectives* [online]. 2010, vol. 118 [cit. 2018-02-25]. DOI: 10.1289/ehp.118-a428. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2957945/pdf/ehp-118-a428.pdf>
34. STÁTNÍ ZEMĚDĚLSTKÁ A POTRAVINÁŘSKÁ INSPEKCE. Jak je to doopravdy s novými požadavky na tzv. „ěčka“ [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/jak-je-to-dopravdy-s-novymi-pozadavky-na-tzv-ecka.aspx?q=JmNobnVtPTEmaGw9dGFydHJhemlu>
35. YUSUF, Mohd, Mohd SHABBIR a Mohammad FAQEER. Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects. *Natural Products and Bioprospecting* [online]. 2017, vol. 7, iss. 1, s. 123-145 [cit. 2018-03-19]. DOI: 10.1007/s13659-017-0119-9. ISSN 2192-2209. Dostupné z: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs13659-017-0119-9.pdf>
36. DAVÍDEK, Jiří. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2. vyd. Praha: SNTL–Nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN 04-814-81.
37. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Informační centrum bezpečnosti potravin: Beta karoten. [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92515.aspx>
38. DAVÍDEK, Jiří, Gustav JANÍČEK a Jan POKORNÝ. *Chemie potravin*. 1 vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983. ISBN 04-815-83.
39. FÉR POTRAVINA. E160d – Lykopen [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E160d>
40. FÉR POTRAVINA. E163 – Anthokyany [online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E163>

41. FÉR POTRAVINA. E101 – Riboflavin [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E101>
42. FÉR POTRAVINA. E102 – Tartrazin (CI potravinářská žlut' 4) [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E102>
43. KLESCHT, Vladimír, Iva HRNČIŘÍKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. Éčka v potravinách. Brno: Computer Press. ISBN 80-251-1292-6.
44. FÉR POTRAVINA. E110 – Žlut' SY (CI potravinářská žlut' 3) [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E110>
45. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Informační centrum bezpečnosti potravin: Sudan [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76809.aspx>
46. FÉR POTRAVINA. E127 – Erythrosin (CI potravinářská červeň 14) [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E127>
47. FÉR POTRAVINA. E133 – Brilantní modř FCF (CI potravinářská modř 2) [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E133>
48. PUBCHEM. OPEN CHEMISTRY DATABASE. Brilliant Blue FCF. [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acid\\_Blue\\_9#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acid_Blue_9#section=Top)
49. MINIOTI, S. Katerina, Christina F. Sakellariou a Nikolaos S. Thomaidis. Determination of 13 synthetic food colorants in water-soluble foods by reversed-phase high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector. *Analytica Chimica Acta*. 2007. vol. 583, iss. 1, s. 103-110 [cit. 2018-05-29]. DOI: 10.1016/j.aca.2006.10.002. ISSN 00032670. Dostupné z: [https://ac.els-cdn.com/S0003267006020101/1-s2.0-S0003267006020101-main.pdf?\\_tid=37a51980-36de-4adb-ad1d-b2d8fb4f1307&acdnat=1527596234\\_c2863a9fb381f1f5a175679b675780cf](https://ac.els-cdn.com/S0003267006020101/1-s2.0-S0003267006020101-main.pdf?_tid=37a51980-36de-4adb-ad1d-b2d8fb4f1307&acdnat=1527596234_c2863a9fb381f1f5a175679b675780cf)

## 7. Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Struktura krocinu

Obrázek č. 2: Struktura karthaminu

Obrázek č. 3: Struktura betaninu

Obrázek č. 4: Struktura kurkuminu

Obrázek č. 5: Struktura kyseliny karmínové

Obrázek č. 6: Struktura bixinu

Obrázek č. 7: Struktura indigotinu

Obrázek č. 8: Struktura mauveinu

Obrázek č. 9: Struktura tartrazinu

Obrázek č. 10: Harvey Washington Wiley (<http://48842902.weebly.com/fda-reforms.html>)

Obrázek č. 11: Zdroje přírodních barviv (<https://food52.com/blog/16265-how-to-make-all-natural-food-dyes-from-ingredients-in-your-kitchen>)

Obrázek č. 12: Struktura  $\beta$ -karotenu

Obrázek č. 13: Struktura luteinu

Obrázek č. 14: Struktura rutinu (zástupce flavonoidů)

Obrázek č. 15: Struktura chlorofylu *a*

Obrázek č. 16: Struktura riboflavinu

Obrázek č. 17: Struktura žlutě SY

Obrázek č. 18: Struktura červeně Allura AC

Obrázek č. 19: Struktura erythrosinu

Obrázek č. 20: Struktura brilantní modře FCF

Obrázek č. 21: Optické schéma UV-2600

Obrázek č. 22: Absorpční spektra barviva E133 při různém pH

Obrázek č. 23: Absorpční spektra roztoků kalibrační řady standardu

Obrázek č. 24: Kalibrační závislost standardu barviva E133

Obrázek č. 25: Absorpční spektra vzorku limonády ZON-Laguna

Obrázek č. 26: Absorpční spektra vzorku energy drinku KONG STRONG Wild Power-Kamikaze

## **8. Seznam tabulek**

Tabulka č. 1: Seznam povolených potravinářských barviv v ČR

(<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100065004.html>)

Tabulka č. 2: Seznam přírodních potravinářských barviv

Tabulka č. 3: Seznam používaných syntetických potravinářských barviv

Tabulka č. 4: Kalibrační závislost absorbance roztoku barviva na jeho koncentraci

Tabulka č. 5: Kalibrační závislost absorbance roztoku barviva ve vzorku na jeho koncentraci