

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

PETRA HALAMOVÁ

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

Ústav chemie a biochemie

Mendelova
univerzita
v Brně



Agronomická
fakulta

MONITORING SYNTETICKÝCH
POTRAVINÁŘSKÝCH BARVIV

Bakalářská práce

Vedoucí práce

Mgr. JIŘÍ VLČEK, Ph.D.

Autor práce

PETRA HALAMOVÁ

BRNO 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Monitoring syntetických potravinářských barviv** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 20. dubna 2015

.....
Petra Halamová

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Jiřímu Vlčkovi, Ph.D. a Ing. Ireně Jančářové, CSc. za cenné podněty, poskytnuté odborné materiály, návrhy a připomínky ve všech fázích zpracovávání této práce.

Citace

Petra Halamová: Monitoring syntetických potravinářských barviv, bakalářská práce, Brno, Agronomická fakulta MENDELU v Brně, 2015

Monitoring syntetických potravinářských barviv

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá monitoringem syntetických potravinářských barviv. V teoretické části je popsána základní charakteristika syntetických potravinářských barviv, včetně použití v potravinářském průmyslu. Uvedena je také legislativa týkající se syntetických barviv v potravinářství. Dále jsou popsány vybrané metody stanovení syntetických potravinářských barviv a v neposlední řadě samotný monitoring produktů na trhu, které obsahují dvě a více syntetických potravinářských barviv. V experimentální části je zpracováno provedení spektrofotometrického multikomponentního stanovení vybraných syntetických potravinářských barviv ve vzorcích alkoholických i nealkoholických nápojů.

Klíčová slova

Barvivo, syntetická potravinářská barviva, spektrofotometrická multikomponentní analýza.

Monitoring of synthetic food dyes

Abstract

The bachelor thesis deals with monitoring of synthetic food dyes. The theoretical part describes main characteristics of synthetic food dyes, including usage in the food industry. The thesis also summarized the legislation of synthetic food dyes. There is a description of selected methods of determining synthetic food dyes and finally monitoring the actual products at the market that contain two or more synthetic food dyes was performed. The experimental part provides how the multicomponent spectrophotometric determination of selected synthetic food dyes was processed at selected samples of alcoholic and soft drinks.

Keywords

Dye, synthetic food dyes, multicomponent spectrophotometric analysis.

Obsah

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	10
3	SYNTETICKÁ BARVIVA	11
3.1	Rozdělení	11
3.2	Vlastnosti a použití	12
3.3	Charakteristika jednotlivých syntetických potravinářských barviv . . .	13
3.4	Přehled potravinářských výrobků	21
4	LEGISLATIVA POUŽÍVÁNÍ POTRAVINÁŘSKÝCH BARVIV	22
4.1	Legislativa v České republice	22
4.2	Legislativa v Evropské unii (EU)	22
4.3	Codex Alimentarius	23
4.4	Povolená a zakázaná barviva	24
5	STANOVENÍ SYNTETICKÝCH POTRAVINÁŘSKÝCH BARVIV	25
6	SPEKTROFOTOMETRICKÁ MULTIKOMPOONENTNÍ ANALÝZA	28
6.1	Klasické metody vícesložkové analýzy	28
6.1.1	Přeuročené systémy	29
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	33
7.1	Chemikálie	33
7.2	Přístrojové vybavení	33
7.3	Vzorky nápojů	33
7.4	Pracovní postupy	34
7.4.1	Absorpční spektra	34
7.4.2	Stanovení obsahu syntetických potravinářských barviv ve vzorcích	35
7.4.3	Vyhodnocení experimentálních dat	35
8	VÝSLEDKY A DISKUSE	36
8.1	Absorpční spektra barviv	36
8.2	Analýza vzorků	37
8.3	Diskuse	37
9	ZÁVĚR	40

A Sledované výrobky - výrobci	47
B Sledované výrobky - zastoupení barviv	54
C Ukázka vyhodnocení pomocí programu MULA v Microsoft Excel	61

1 ÚVOD

Barviva (pigmenty, barevné látky) patří do skupiny sensoricky aktivních látek potravin a určují potravinám jejich charakteristické zbarvení. Barviva jsou látky patřící do kategorie s označením E 100 — E 182.

Barvení potravin se provádí už od nepaměti. A to jak už z důvodů estetických, tak z důvodů fyziologických. Barviva dávají potravině barvu, kterou bez použití barviv samotná potravina nemá, nebo byla znehodnocena technologickým procesem a barvením se obnovuje. Dalším důvodem může být kompenzace sezónních odchylek, která se řeší standartizací zbarvení. Lákavá barva souvisí také se zákaznickou oblibou. Spotřebitelé dají nejčastěji na první dojem. Zákazníka na první pohled více přitáhne krásně červená jahodová zmrzlina, u které je pocitově větší obsah jahod, než zmrzlina, která má horší barvu, nicméně jahod může mít daleko větší podíl. Barva také zvyšuje sekreci žaludečních šťáv a potravina je lépe využívána. Jsou ale i případy, kdy je přirozená barva potraviny nežádoucí a odstraňuje se bělidly. Některé výrobky není dovoleno dobarvovat [36].

Barviva se nesmějí přidávat do následujících druhů potravin [2]:

1. Nezpracovaných potravin
2. Přírodních minerálních vod a balených pramenitých vod
3. Neochuceného plnotučného, polotučného a odtučněného mléka, pasterovaného nebo sterilovaného včetně ošetření vysokou teplotou (UHT), neochucené smetany
4. Mléka ochuceného kakaem nebo čokoládou, zahuštěného mléka, neochucené sušené smetany, neochuceného podmáslí, neochuceného kysaného mléka koz a ovcí
5. Olejů a tuků živočišného a rostlinného původu, másla z mléka koz a ovcí
6. Vaječného žloutku, bílku, vaječné melanže, sušených, tekutých, koncentrovaných, hluboce zmrazených nebo koagulovaných vaječných výrobků
7. Mouky, škrobu a ostatních mlýnských výrobků
8. Chleba a výrobků z chlebového těsta, těstovin a gnocchi
9. Cukrů včetně všech monosacharidů a disacharidů
10. Rajčatového protlaku, rajčatových polokonzerv, studených omáček na bázi rajčatové šťávy, kečupů
11. Ovocných a zeleninových šťáv a nektarů
12. Výrobků z ovoce, zeleniny, brambor a hub, sterilovaných, nakládaných nebo sušených, zpracovaného ovoce, zeleniny, brambor a hub

13. Výběrových (extra) džemů, výběrových rosolů (extra) a kaštanových pyré, Crème de pruneaux
14. Masa, ryb, drůbeže, zvěřiny, měkkýšů, koryšů a produktů z nich
15. Kakaových a čokoládových výrobků s výjimkou nečokoládových náplní těchto výrobků
16. Pražené kávy, cikorkové kávoviny a extraktů z ní, čaje, extraktů z čaje včetně ovocných a bylinných přípravků na bázi čaje, ovoce a směsi pro přípravu čajů
17. Koření, směsi koření, soli, náhražek soli
18. Potravin určených pro výživu kojenců a malých dětí
19. Medu
20. Vinného octa, sladu a výrobků ze sladu
21. Obilných destilátů Korn, Kornbrand, ovocných lihovin, ovocných destilátů včetně ovocných průtahových, Ouzo, Grappa, Tsikoudia z Kréty, Tsipouro z Makedonie, Tsipouro z Tyrnavosu, Eau de vie de marc Margue National luxemburgeoise, Eau de vie Seidle Margue nationale luxemburgeoise, London gin
22. Sambuca, Maraschono a Mistrá
23. Sangria, Clarea a Zurra.

Barviva se dělí do tří základních skupin [37]:

- a) Přírodní barviva
- b) Syntetická barviva identická s přírodními
- c) Syntetická barviva

Přírodní barviva jsou látky, které se získávají z přírodních surovin, ať už rostlinných, živočišných nebo nerostných. Mezi přírodní barviva patří například riboflavin (E 101), chlorofyly a chlorofyliny (E 140), karamel (E 150), karoteny (E 160a), betalainy (E 162), anthokyaniny (E 163) [37]. Většinou jsou zdravotně nezávadná, ale chemicky málo stabilní, mohou udělovat potravině nežádoucí chuť a vůni, jsou náchylná k mikrobiálnímu kažení a mohou být kontaminována nežádoucími toxickými kovy, insekticidy a herbicidy [2].

Syntetická barviva identická s přírodními jsou vyráběna chemickou cestou, jejich struktura je však totožná s barvivy přírodními [36].

Syntetická barviva se v minulosti vyráběla z uhelného dehtu. V dnešní době se získávají z ropných produktů, které jsou vysoce přečištěny. Obsah čistého barviva musí být minimálně 85 %, zbylé látky tvoří zpravidla nečistoty ve formě anorganických solí, sloučenin kovů a látky organického původu [37].

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je monitoring syntetických potravinářských barviv.

V teoretické části je cílem:

- popis základních charakteristik syntetických potravinářských barviv, včetně použití v potravinářském průmyslu
- uvedení legislativy týkající se obsahu a použití syntetických potravinářských barviv v potravinářství
- přehled vybraných metod stanovení syntetických potravinářských barviv
- monitoring produktů na trhu obsahujících dvě a více syntetických potravinářských barviv.

V experimentální části je cílem:

- provedení spektrofotometrického multikomponentního stanovení vybraných syntetických potravinářských barviv ve dvousložkových a tříložkových systémech ve vzorcích alkoholických i nealkolických nápojů

3 SYNTETICKÁ BARVIVA

Tato kapitola se bude zabývat popisem syntetických potravinářských barviv.

3.1 Rozdělení

Kapitola je volně převzatá z [36].

Syntetická barviva jsou intenzivněji zbarvená než přírodní barviva, se stálejším odstínem barvy a do barvené potraviny nevnáší žádné vůně a chutě. Kombinací jednotlivých barviv můžeme získat velkou škálu odstínů různých barev. Další výhody jsou taky nižší cena a stabilita oproti přírodním barvivům. Proto tahle barviva našla v potravinářském průmyslu široké uplatnění. Jejich nevýhodou můžou být toxické účinky, karcinogenita a další zdravotní problémy.

Dle struktury se dělí na:

- Azobarviva (monoazo-, bisazo-, trisazo až polyazobarviva)
- Difenylmethanová a trifenylmethanová barviva
- Pyrazolonová barviva
- Nitrobarviva
- Xanthenová barviva
- Anthrachinonová barviva
- Chinolinová barviva
- Indigoidní barviva

Dle rozpustnosti se dělí na:

- Rozpustná ve vodě
- Rozpustná v tucích

Dle fyzikálně-chemických vlastností se dělí na:

- Kyselé
- Zásadité
- Neutrální

Syntetická barviva, která jsou povolena k barvení potravin, jsou ve vodě rozpustná. Nejčastěji se vyskytující jsou barviva kyselá, která obsahují sulfonové skupiny, karboxylové skupiny a hydroxyskupiny. Patří mezi ně většina azobarviv, nitrobarviva, některá di- a trifenylmethanová barviva a xanthenová barviva. Barviva zásaditá obsahují jednu nebo více volných nebo substituovaných aminoskupin. Náleží k nim většina di- a trifenylmethanových barviv a některá azobarviva. Veškerá barviva se využívají ve formě solí (nejčastěji sodných, draselných a také vápenatých).

3.2 Vlastnosti a použití

Kapitola je volně převzatá z [36].

Vlastnosti syntetických barviv záleží na funkčních skupinách přítomných ve sloučenině. Jejich použití v potravinách má přesně stanovená pravidla.

Barvu potravin mohou ovlivňovat sezónní vlivy, technologické postupy při výrobě potravin i její skladování.

Syntetická barviva nesmí být zdravotně závadná a nesmí ovlivňovat jiné organoleptické vlastnosti potravin s výjimkou barvy. Musejí být stálá na světle, při změnách pH a vůči působením dalších vlivů. Zatím není žádné současné barvivo úplně vyhovující pro všechny situace a aplikace. K barvení se tak používají několikasožkové směsi barviv.

Většina barviv je stabilní hlavně v suchých potravinách a za nepřístupu světelného záření. Mají dostatečnou stabilitu při běžných podmínkách výroby, zpracování a během skladování potravin.

Azobarviva se snadno redukují ionty kovů a některými redukčními činidly (např. oxidem siřičitým nebo v nápojích přítomnou kyselinou askorbovou) na bezbarvé produkty. Stabilnější jsou pak barviva trifenylmethanová, indigoidní a xanthenová. Indigotin a erythrosin se však odbarvuje působením UV záření.

Syntetická barviva se dodávají jako disperze, vodné nebo nevodné roztoky (převážně v propylenglykolu nebo glycerolu) či v pevném stavu (ve vodě rozpustné granule, prášek), ale také ve formě nerozpustných laků ve vodě.

Pevné přípravky jsou vhodnější spíše pro barvení disperzí, nápojů a past pro barvení cukrářských a pekařských výrobků. Tekuté barvy jsou hlavně pro mléčné výrobky.

Zvláštní skupinou barviv jsou anorganické pigmenty (tzv. laky). Laky (aluminové laky) můžeme získat adsorbci barviv na hydratovaný oxid hlinitý. Obsah barviva v lacích je různý, nejčastěji však 10-40 %. Technologie výroby udává barevnou mohutnost, odstín i disperzibilitu v prostředí, tudíž minimální obsah barviva není určený. Laky dodávající se v pevném stavu nebo jako disperze (v propylenglykolu, glycerolu a dalších) obsahují jednotlivá barviva či jejich směsi. Pokud srovnáme laky s příslušnými barvivy, zjistíme, že mají vyšší chemickou i tepelnou stabilitu. Proto jsou tedy vhodné hlavně pro potraviny obsahující větší množství tuků a pro potraviny s nízkým obsahem vody.

Seznam povolených syntetických potravinářských barviv v ČR je uveden v tabulce 3.1.

E-kód	Název	Synonymum	Druh barviva	Barva
E 102	Tartrazin		pyrazolonové	citronově žlutá
E 104	Chinolinová žluť	gelborange S	chinolinové	žlutá
E 110	Žluť SY		monoazo	oranžová
E 122	Azorubin	karmoisin	monoazo	modročervená
E 123	Amaranth	viktoriarubin O	monoazo	modročervená
E 124	Ponceau 4R	košenilová červeň A	monoazo	červená
E 127	Erythrosin		xanthenové	červená
E 128	Červeň 2G		monoazo	modročervená
E 129	Červeň Allura AC		monoazo	červená
E 131	Patentní modř V		trifenylnmethanové	zelenomodrá
E 132	Indigotin	indigokarmin	indigoidní	tmavě modrá
E 133	Brilantní modř	brilliant blue FCF	trifenylnmethanové	zelenomodrá
E 142	Zeleň S		trifenylnmethanové	zelená
E 151	Brilantní černá BN	brilliant black BN	bisazo	černá
E 154	Hněď FK		směs monoazo, bisazo	hnědá
E 155	Hněď HT		bisazo	hnědá
E 180	Litholrubin BK	karmin 6B	monoazo	červená

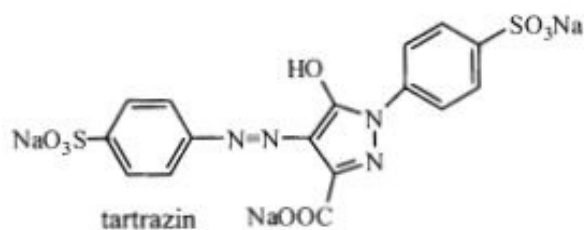
Tabulka 3.1: Seznam povolených syntetických potravinářských barviv v ČR. *Převzato z [36]*

3.3 Charakteristika jednotlivých syntetických potravinářských barviv

V následujícím textu je uveden přehled a charakteristika vybraných syntetických potravinářských barviv [37].

E 102 Tartrazin

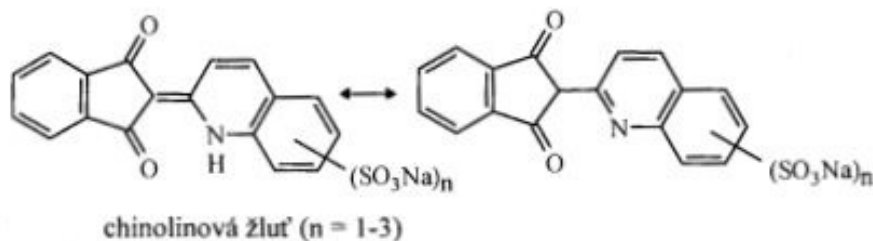
Tartrazin je azobarvivo citronově žluté barvy. V diskuzích o nežádoucích účincích syntetických barviv na lidské zdraví je to nejdiskutovatelnější látka. Je podezřelá z vyvolávání alergických reakcí a astmatických záchvatů u citlivějších jedinců. Po požití se u nich může objevit svědící kopřivka, purpura, otoky, migrény, rýma i rozmazané vidění. Tato látka je velmi často dávana do souvislosti s dětskou hyperaktivitou. Vyskytuje se v alkoholických i nealkoholických nápojích, hořčicích, bonbonech, pudincích, žvýkačkách, v pernicích a dalších výrobcích.



Obrázek 3.1: Tartrazin (E 102)

E 104 Chinolinová žluť

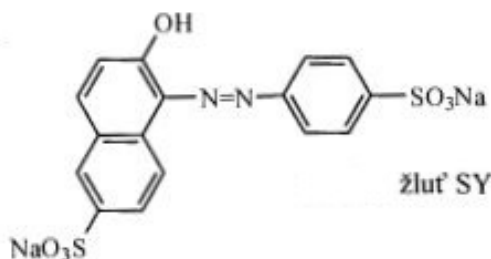
Toto syntetické barvivo má jasně zelenožlutou barvu a vyskytuje se nejvíce ve sladkostech a nápojích. Používá se k barvení nealkoholických limonád, pudinků, bonbónů, lízátek, zdobení na cukrářské výrobky, marcipánu. Tato látka může způsobovat nežádoucí reakce u citlivých jedinců, jako je například vyvolání nebo zhoršení kopřivky.



Obrázek 3.2: Chinolinová žluť (E 104)

E 110 Žluť SY

Žluť SY je žlutě až oranžově zbarvené azobarvivo. Nejčastěji ho najdeme u výrobců alkoholických i nealkoholických nápojů, v dětských sladkostech, v cukrářském zdobení, pudincích, hořčicích, nápojích v prášku a také v syntetických barvách pro použití v domácnostech.

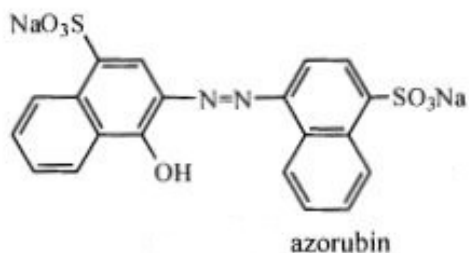


Obrázek 3.3: Žluť SY (E 110)

Toto barvivo se využívá ve farmaceutickém průmyslu k barevnému odlišení pilulek. U citlivých jedinců může docházet k alergickým reakcím, jako jsou vyrážky, otoky, zvracení, kopřivka a astmatické záchvaty. Přecitlivělost se může projevovat u osob nesnášejících aspirin. Barvivo je také spojováno s dětskou hyperaktivitou.

E 122 Azorubin

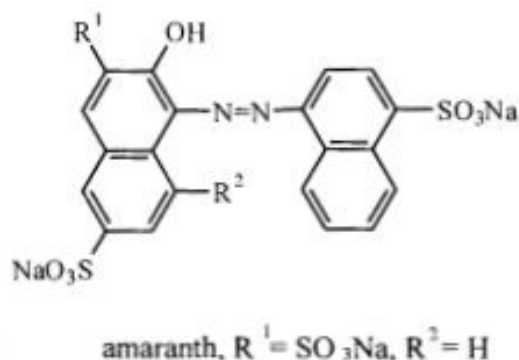
Azorubin je červené syntetické azobarvivo, nejčastěji přidávané do nealkoholických i alkoholických nápojů, cukrářských výrobků, sirupů, ovocných želé a dalších. Stejně jako žluť SY se používá do barviv používaných v domácnostech i ve farmaceutickém průmyslu k barevnému odlišení pilulek. U citlivých jedinců může vyvolávat alergii a mohou se objevit i další projevy nesnášenlivosti. Podobně jako další barviva ze skupiny azobarviv je i azorubin spojen s dětskou hyperaktivitou.



Obrázek 3.4: Azorubin (E 122)

E 123 Amaranth

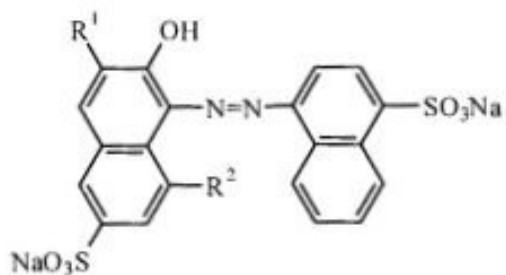
Tohle azobarvivo modročervené barvy se ve světě používá k barvení nealkoholických nápojů, zmrzlin, práškových směsí na výrobu dezertů, ovocných náplní i džemů. Barvivo může způsobovat různé alergické reakce (např. kopřivku) zejména u astmatiků a lidí nesnášenlivých aspirin. V České republice je povoleno jen k barvení těchto potravin: aperitivních vín, lihovin, alkoholických nápojů, rybích jiker a mlíčí.



Obrázek 3.5: Amaranth (E 123)

E 124 Ponceau 4R

Jedná se o jasně červené azobarvivo používané v sirupech, cukrářských a pekařských výrobcích, cukrovinkách, zmrzlinách, nápojích a dalších. Je součástí potravinářských barviv pro domácnosti. Jako ostatní azobarviva způsobuje alergické a nesnášenlivé reakce u astmatiků a lidí přecitlivělých na aspirin. Je také spojována s dětskou hyperaktivitou.

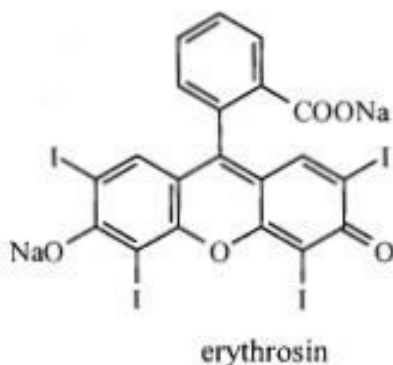


ponceau 4R, $R^1 = H$, $R^2 = SO_3Na$

Obrázek 3.6: Ponceau 4R (E 124)

E 127 Erythrosin

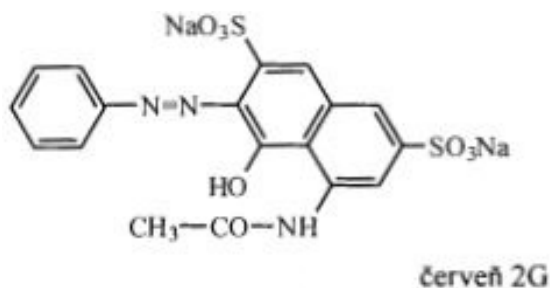
Toto xanthenové červené barvivo je ve světě široce používané v potravinářství, léčivách i kosmetických výrobcích. Při vyšších teplotách se částečně rozkládá a vznikají jodidové ionty ovlivňující činnost štítné žlázy. V České republice se může používat jen na koktejlové a kandované třešně.



Obrázek 3.7: Erythrosin (E 127)

E 128 Červeň 2G

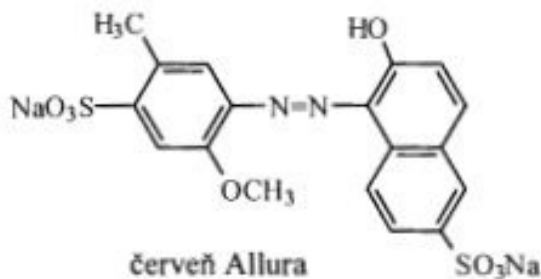
Červeň 2G je azobarvivo, které se využívá hlavně v masných výrobcích a uzeninách, také v nápojích a zavařeninách. Barvivo je podezřelé z ovlivňování funkce hemoglobinu, proto bylo zakázáno v mnoha zemích EU. Díky Velké Británii, kde se toto barvivo tradičně používá v uzeninách, se zatím nezakázalo v celé EU.



Obrázek 3.8: Červeň 2G (E 128)

E 129 Červeň Allura AC

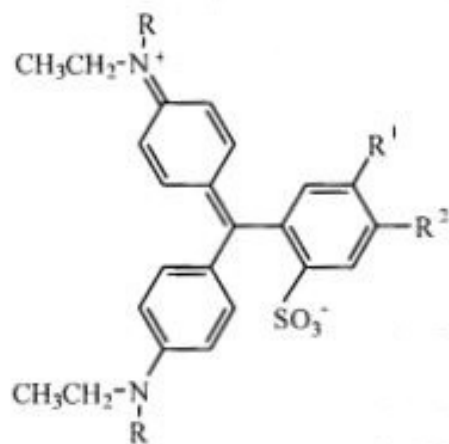
Řadí se do skupiny azobarviv a nejčastěji se vyskytuje v cukrovinkách, kandovaném ovoci, práškových nápojích, ale také v krmivech pro domácí zvířata. Způsobuje alergické reakce u citlivých jedinců.



Obrázek 3.9: Červeň Allura AC (E 129)

E 131 Patentní modř

Jedná se o jasně modré barvivo. I když se nevyužívá moc často, můžeme ho najít v cukrovinkách, nápojích a cukrářském zdobení. Jeho další využití je v lékařství. Může způsobovat tyto nežadoucí účinky: vyrážku, svědění, nevolnosti, problémy s dýcháním, třes i hypotenzi.

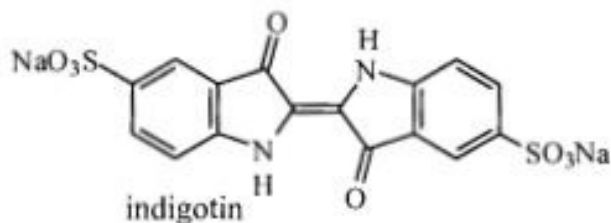


patentní modř V, $R = \text{CH}_2\text{CH}_3$, $R^1 = \text{OH}$, $R^2 = \text{SO}_3\text{Na}$

Obrázek 3.10: Patentní modř (E 131)

E 132 Indigotin

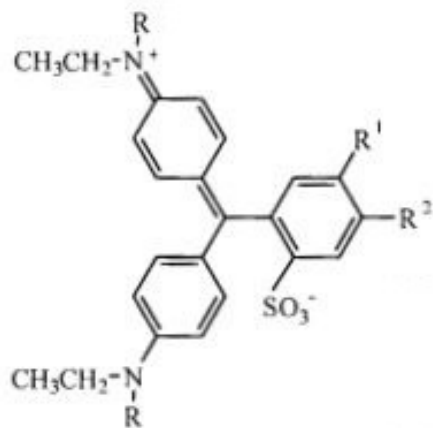
Toto tmavomodré syntetické barvivo bývá obsaženo v cukrovinkách, cukrářských výrobcích, kukuřičných krupkách a pekařských výrobcích. Převážná většina barviva se vyrábí chemickou syntézou, malá část chemickou cestou z přírodního barviva indigo. Indigo poskytuje rostlina indigoovník. Indigotin se využívá hlavně pro barvení krmiv pro domácí zvířata, dále se využívá v lékařské diagnostice. Indigotin může způsobovat nevolnost, zvracení, hypertenzi, kožní vyrážky, dýchací problémy a jiné alergické reakce hlavně u citlivých jedinců.



Obrázek 3.11: Indigotin (E 132)

E 133 Brilantní modř FCF

Jedná se o modré barvivo používané velmi často ve spojení s jinými syntetickými barvivy. Vyskytuje se nejvíce v nealkoholických nápojích, cukrovinkách, cukrářských a pekařských výrobcích, žvýkačkách a v jiných potravinách. Toto barvivo je i součástí potravinářských barviv v domácnostech. Je podezřelý z hyperaktivity u dětí a vzniku rakoviny.

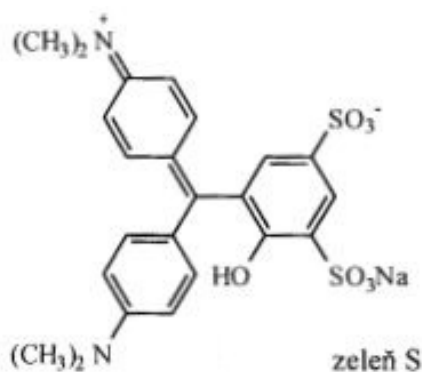


brilantní modř, $R^1 = H, R^2 = H$

Obrázek 3.12: Brilantní modř FCF (E 133)

E 142 Zeleň S

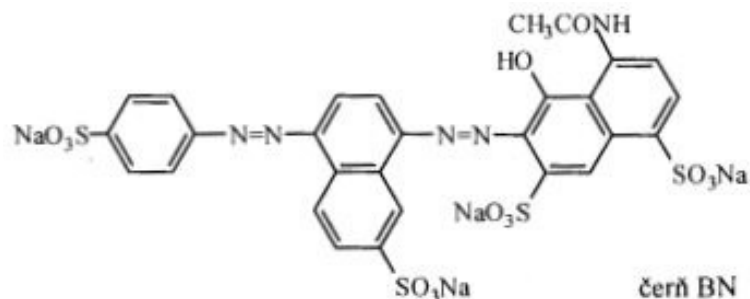
Zeleň S je modrozelené barvivo, nejčastěji používané v kombinacích se žlutou za vzniku listově zelené barvy. Využívá se k barvení nápojů, zmrzlin, sladkostí nebo dezertů. V malých množstvích tato látka nemá žádné nežádoucí účinky, a tudíž je neškodná.



Obrázek 3.13: Zeleň S (E 142)

E 151 Brilantní černá BN

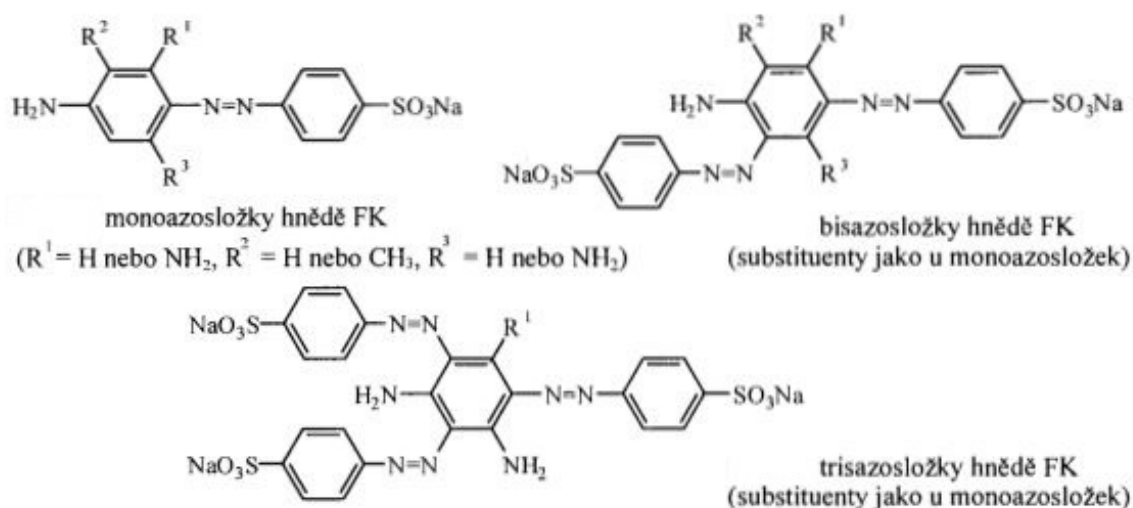
Azobarvivo černé barvy můžeme najít nejčastěji ve sladkostech, pekařských výrobcích, nápojích alkoholických i nealkoholických, zmrzlinách, rybích výrobcích, polevách a je součástí barev pro domácnost. Podobně jako ostatní azobarviva je i toto barvivo spojováno s dětskou hyperaktivitou.



Obrázek 3.14: Brilantní čern BN (E 151)

E 154 Hněď FK

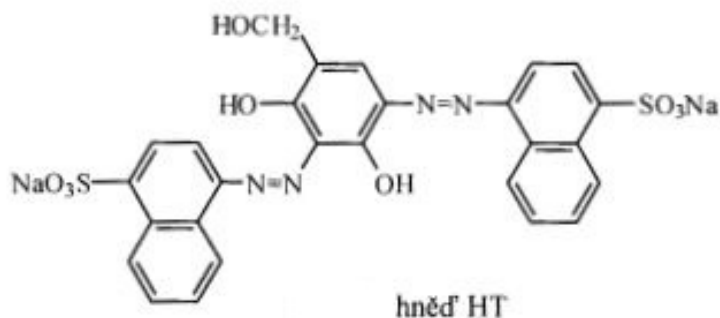
Barvivo je směsí několika azobarviv, má žlutohnědou barvu a používá se často k barvení uzených ryb. Může vyvolávat astmatické záchvaty a alergické reakce u citlivějších jedinců. V České republice je povoleno používat toto barvivo jen pro barvení uzených ryb.



Obrázek 3.15: Hněď FK (E 154)

E 155 Hněď HT

Hněď HT je azobarvivo červenohnědé barvy. Barva dokonale napodobuje barvu čokolády, a tudíž se často přidává do sypkých směsí pro výrobu čokoládových dezertů a jiných sladkostí. Stejně jako ostatní azobarviva je nevhodné pro citlivější jedince, kvůli zvýšené pravděpodobnosti výskytu alergických projevů jako astma a dalších nežádoucích reakcí. Také se podílí na vzniku dětské hyperaktivity.



Obrázek 3.16: Hněď HT (E 155)

3.4 Přehled potravinářských výrobků

Monitoring potravinářských výrobků obsahujících směsi syntetických potravinářských barviv byl prováděn v brněnských prodejnách obchodních řetězců a běžných prodejců v průběhu let 2013 a 2014. Výběr produktů byl dělán s ohledem na možnosti stanovení jednotlivých syntetických potravinářských barviv spektrofotometrickou multikomponentní analýzou, tj. na produkty obsahující směsi dvou a tří, popř. i více syntetických potravinářských barviv.

U některých vybraných výrobků, u nichž je uvedeno na obalech čtyři a více syntetických potravinářských barviv, je třeba brát v úvahu, že ne všechna barviva jsou obsažena ve směsích v jednotlivých kusech (např. želé medvídci), ale každý kus může obsahovat jen jedno barvivo.

Seznam výrobků obsahující název výrobku, jeho popis, výrobce a stát, včetně výčtu v nich obsažených syntetických potravinářských barviv, je uveden v tabulkách v Příloze A a B.

Výrobků obsahujících dvě a více syntetických potravinářských barviv ve směsi bylo nalezeno 150, z toho 79 výrobků obsahovalo dvě barviva ve směsi a 38 obsahovalo tři barviva ve směsi. U 33 výrobků se vyskytovalo čtyři až sedm barviv, avšak, jak bylo uvedeno výše, syntetická potravinářská barviva nemusí být u jednotlivých kusů daného výrobku ve směsích, ale jednotlivě.

Z hlediska potenciální možnosti spektrofotometrického multikomponentního stanovení bylo nalezeno 25 % výrobků, které obsahovaly prokazatelně směs dvou a nebo tří syntetických potravinářských barviv a měly jednoduchou matici vzorku.

Pro praktické analýzy bylo z těchto produktů vybráno 11 vzorků zejména nápojů určených k přímé konzumaci, popř. po zředění, tj. 5 sirupů, 1 nápojový koncentrát, 1 energetický nápoj, 2 instantní práškové nápoje a 2 alkoholické nápoje (viz kapitola 7.).

4 LEGISLATIVA POUŽÍVÁNÍ POTRAVINÁŘSKÝCH BARVIV

V této kapitole je popsána legislativa používání potravinářských barviv v ČR a EU.

4.1 Legislativa v České republice

Barvení potravin v České republice upravuje Zákon č. 110/1997 Sb. O potravinách a tabákových výrobcích a vyhláška č. 130/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 4/2008 Sb. Tímto dokumentem jsou stanoveny druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. Problematiku potravinářských přídatných látek zahrnuje také vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 235/2010 Sb., která stanovuje požadavky na čistotu a identifikaci přídatných látek [8, 6, 7].

Za barvivo se nepovažuje potravina nebo aromatická látka, která má vedlejší barvicí účinek, ale přidává se do potravin z jiných důvodů. Nejčastěji pro její aromatické, výživové či chuťové vlastnosti. Dále se jako barvivo neoznačují barviva, která se používají k obarvení nejedlých vnějších částí potraviny.

Mezi dozorové orgány v České republice patří Ministerstvo zemědělství ČR, Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI), Státní veterinární správa (SVS ČR) a Státní zdravotní ústav (SZÚ). Tyto orgány dohlížejí na kontrolu dodržování předpisů pro používání přídatných látek [5].

4.2 Legislativa v Evropské unii (EU)

Legislativa Evropského společenství (ES) týkající se potravinářských aditiv se sestává z jedné rámcové směrnice a tří specifických směrnic se zaměřením na:

- Barviva
- Sladidla
- Ostatní potravinářská aditiva

Tato legislativa je založena na principu, že je možno používat pouze taková aditiva, která jsou výslovně povolena. Většina potravinářských přídatných látek lze používat do určitých potravin a to jen v omezeném množství. V případě, že množství limit stanoven není, musí se aditiva použít v souladu se správnou výrobní praxí. To znamená, že se mohou použít jen v množství nezbytném k dosažení požadovaného technologického účinku.

Potravinářské přídatné látky jsou schváleny pro použití jen tehdy, když:

- jsou nezbytné z technologických důvodů

- jejich použití neuvádí spotřebitele v omyl
- nepředstavují zdravotní riziko pro spotřebitele
- poskytují výhody a přínos pro spotřebitele

Tyto podmínky stanovuje Nařízení (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách [11].

Všechny povolené potravinářské přídatné látky musí potom splňovat kritéria pro čistotu, která jsou stanovena podrobně ve třech směrnících Komise. Potravinářských barviv se týká směrnice Komise 95/45/ES, která je novelizovaná směrnice: 99/75/ES, 2001/50/ES, 2004/47/ES a 2006/33/ES [20, 16, 17, 18, 19].

Před schválením potravinářského aditiva jeho nezávadnost vyhodnocuje Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) [29].

Při výrobě potravin je možno používat pouze aditiva, která byla povolena postupem podle nařízení (ES) č. 1331/2008, které vymezuje společný postup pro posuzování a schvalování potravinářských přídatných látek, potravinářských enzymů a aromat, a které jsou uvedeny na seznamech potravinářských přídatných látek Unie v příloze II a III nařízení (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách [12, 11].

V zápisu potravinářského aditiva na seznamy EU v příloze II a příloze III se uvádí:

- Název potravinářské přídatné látky s příslušným označením E
- Potravin, do kterých lze potravinářskou látku přidávat
- Podmínky, za kterých lze potravinářskou přídatnou látku používat
- Eventuální omezení přímého prodeje potravinářské přídatné látky konečnému spotřebiteli

Seznamy potravinářských aditiv Unie povolených pro použití v potravinách a podmínky použití byly přijaty Nařízením (EU) č. 1129/2011 a Nařízením (EU) č. 1130/2011 [13, 14].

Dne 16. března 2012 vyšlo Nařízení Komise (EU) č. 232/2012, kterým se změnila příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, co se týče podmínek použití a úrovně použití u chinolinové žluti (E 104), žluti SY (Sunset Yellow FCF) (E 110) a ponceau 4R (košenilové červeně A) (E 124). V tomto nařízení došlo ke zpřísnění limitů pro daná barviva. U těchto tří barviv je povinnost uvádět upozornění o možnosti nepříznivého ovlivnění činnosti a pozornosti dětí. Díky snížení mezních hodnot u výše uvedených barviv v daných potravinách by se mělo zabezpečit, že nebudou přesáhnuty nově snížené hodnoty ADI (přijatelný denní příjem) stanovené Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA) ani u konzumentů s vysokou spotřebou příslušných produktů, kterými jsou hlavně děti [15, 32].

4.3 Codex Alimentarius

Codex Alimentarius (CA) je z latinského překladu “potravinářský slovník”. Na jeho vypracování se v šedesátých letech podílely dvě organizace Spojených národů: FAO - Organizace pro potraviny a zemědělství a WHO - Světová zdravotnická organizace.

CA zahrnuje obecné i specifické normy týkající se bezpečnosti potravin, které byly definovány, aby ochránily zdraví spotřebitelů a zajistily správné postupy v obchodování s potravinami. Codex Alimentarius pracuje ve výborech a jedním z nich je Výbor pro potravinářská aditiva a kontaminanty (CCFAC, Codex Committee on Food Additives and Contaminants) [38].

CCFAC zavedl k identifikaci potravinářských aditiv mezinárodní systém číslování (International Numbering System, INS). V Evropské unii byl vytvořen systém E-kódů. Číselný kód se skládá z písmene E a trojmístného čísla. Pod tímto označením je látka vedena v mezinárodním číselném systému. Seznam INS je podstatně delší než seznam E-kódů. Je to z toho důvodu, že jsou na něm i potravinářská aditiva, jejichž toxikologická nezávadnost nebyla dosud prokázána [30, 4].

4.4 Povolená a zakázaná barviva

Množství a druhy povolených barviv se liší v jednotlivých zemích. Počet povolených barviv se ve většině zemí pohybuje kolem deseti druhů. Jejich nejvyšší povolené množství (NPM) je předepsáno tak, aby ochraňovalo zdraví a zájmy spotřebitele. Obvykle se k přibarvování potravin nepoužívají všechna barviva najednou, ale kombinují se dvě až tři barviva. Zákon č. 110/1997 Sb. - O potravinách a tabákových výrobcích a jeho prováděcí vyhlášky výrobcům ukládá limity NPM, které musí dodržovat [35].

V tabulce 4.1 jsou uvedena zakázaná syntetická potravinářská barviva v ČR.

E-kód	Označení	Barva
E 107	Žluť 2G	žlutá
E 121	Citronová červeně 2	červená
E 128	Červeně 2G	červená
E 143	Fast green FCF	zelená

Tabulka 4.1: Zakázaná syntetická potravinářská barviva v ČR. *Převzato z [39]*

5 STANOVENÍ SYNTETICKÝCH POTRAVINÁŘSKÝCH BARVIV

Používání syntetických potravinářských barviv v potravinářských výrobcích vede k neustálému zkoumání a ověřování možných rizik a negativních vlivů na lidské zdraví. K identifikaci a stanovení obsahu syntetických barviv byla vyvinuta celá řada metod [27].

Mezi nejstarší a nejznámější metody důkazu a izolace syntetických barviv v potravinářských produktech jsou vybarvovací zkoušky na odtučněném vlněném vlákne nebo se využívá citlivějších metod adsorpce na polyamidový prášek, kaolin, přírodní křemičitan hlinitý aj.

Z metod použitelných v praxi pro stanovení obsahu syntetických potravinářských barviv v potravinách a nápojích lze úspěšně využít řadu optických, separačních i elektromigračních, v menší míře pak elektrochemických metod, přičemž výše uvedené metody poskytují srovnatelné výsledky.

Samotné optické metody jsou vhodné pro vzorky s jednoduchou maticí a jsou méně vhodné v případech, pokud jsou analyzovány vzorky obsahující směs barviv s blízkými absorpčními maximy.

Výhodou elektromigračních metod, především kapilární elektroforézy ve srovnání s metodami vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) je malá spotřeba vzorku i základního elektroforetického tlumivého roztoku a krátká doba analýzy.

Ze separačních metod se v současné době nejvíce používají vysokoúčinná kapalinová chromatografie, iontově párová chromatografie, iontově výměnná chromatografie, micelární elektrokinetická chromatografie. Většina metod HPLC se vyznačuje jednoduchostí kvantifikace a identifikace syntetických barviv na základě srovnání spektrálních charakteristik. Pro kontroly pravosti potravin se stále více rozvíjí kombinované metody založené na kombinaci separačních a spektroskopických metod (zejména spojení s MS - hmotnostní spektrometrie nebo NMR - nukleární magnetická rezonance), které umožňují sledovat detailní změny charakteristik výrobků v případě, kdy došlo k jejich úpravě.

Přehledný popis technik stanovení syntetických potravinářských barviv, jak pro kvalitativní, tak pro kvantitativní analýzu je uveden v práci [28]. Autoři podrobně popsali metody kapalinové chromatografie na tenké vrstvě (TLC), včetně vysokoúčinné chromatografie na tenké vrstvě (HPTLC), metodu klasické kolonové kapalinové chromatografie, vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC), zahrnující iontově párovou chromatografii (HPLC IP), chromatografii s reverzní fází (RP HPLC) a vysokoúčinnou iontovou chromatografii. Důležitým krokem, zmiňovaným v práci před samotným stanovením barviv, je příprava vzorku k analýze, přičemž zvolený postup úpravy vzorku závisí nejen na matici vzorku, ale i na následně použité metodě stanovení.

Problematiku stanovení 40 syntetických potravinářských barviv řešili autoři v prá-

ci [40]. Barviva byla stanovována pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s reverzní fází s diode array detekcí v cukrovinkách. Barviva v cukrovinkách se podařilo rozdělit během 19 minut. Podobná práce zaměřená na stanovení 17 syntetických potravinářských barviv pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s diode array detekcí v nápojích a potravinářských výrobcích je práce autorů [3].

Práce autorů [26] se řadí mezi green chromatografické metody, které minimalizují množství chemických odpadů a nebezpečných toxických rozpouštědel. V této práci nebylo v rámci úprav vzorku k analýze i při samotném chromatografickém stanovení použito organických rozpouštědel. Autoři pro stanovení osmi potravinářských barviv v nealkoholických nápojích, sirupech a cukrovinkách využili sorbentu Eurospher-100 z řady C_8 a jako mobilní fáze byl použit fosforečnanový tlumivý roztok o $\text{pH} = 7$ v přítomnosti tenzidu triton X-100.

Stanovení syntetických barviv v komerčních sycených nealkoholických pomerančových a grepových nápojích je popsáno v práci [1]. K identifikaci autoři využili tenkovrstvou chromatografii (TLC) a ke kvantitativní analýze využili iontově párovou HPLC s diode array detekcí.

Ke stanovení dvou syntetických barviv (azorubin a ponceau 4R) v nealkoholických nápojích, sirupech aj. využili autoři [9] metodu iontově interakční chromatografie s diode array detekcí a metodu diferenční pulzní polarografie. Separace probíhala na koloně plněné stacionární fází s oktadecylovou funkční skupinou C_{18} a jako mobilní fáze byla použita směs methanolu a hydrogensíranu tetrabutyl amonného. Významný vliv na separaci měla i teplota kolony. Druhá z metod byla rovněž aplikována na stanovení barviv v reálných vzorcích a jako základní elektrolyt se nejlépe osvědčil octan amonný.

V posledních letech jednou z nevhodnějších technik používaných v potravinářských analýzách je hmotnostní spektrometrie a metody spojující MS se separačními technikami a bylo jich využito např. v práci [31] a [23].

Srovnatelné výsledky při stanovení syntetických potravinářských barviv mají s metodou HPLC i elektromigrační metody [35] a [34]. V pracích [33] a [21] bylo ke stanovení barviv v alkoholických nápojích, popř. zmrzlinách úspěšně využito kapilární elektroforézy.

Přímé stanovení obsahu syntetických potravinářských barviv čistě spektrofotometrickými metodami vyžaduje, pokud nejde o stanovení pouze jednotlivých barviv, jednoduchou matici vzorku, a v případě stanovení směsi barviv je nutné, aby měla jednotlivá barviva dostatečně rozdílná absorpční maxima.

V práci [22] bylo analyzováno UV/VIS spektrofotometrií 140 vzorků cukrovinek a 96 instantních nápojů obsahujících vždy jen jedno syntetické barvivo. Celkem bylo stanovováno 6 barviv v cukrovinkách a 5 v nápojích. Barviva byla identifikována a následně stanovena na základě srovnání absorpčních spekter standardů barviv a vzorků a ke stanovení obsahu barviv bylo využito metody kalibrační závislosti při použití klasické lineární regrese. Stanovení byla prováděna bez předchozí úpravy vzorků.

Autoři práce [10] optimalizovali podmínky pro stanovení tří syntetických potravinářských barviv vedle sebe v instantních nápojích pomocí spektrofotometrické multikomponentní analýzy. Pro získání absorpčních spekter a koncentrací jednotlivých barviv z naměřených A-pH dat byly paralelně použity 2 metody vícesložkové kalibrace. Výsledky dosažené chemometrickými metodami byly srovnatelné s vý-

sledky pomocí standardních chromatografických technik.

U vzorků s jednoduchou maticí lze, mimo výše uvedených finančně náročných metod, pro stanovení směsí syntetických potravinářských barviv výhodně využít klasických metod spektrofotometrické multikomponentní analýzy [24] a [25], jejichž teoretické základy jsou uvedeny v kapitole 6.

6 SPEKTROFOTOMETRICKÁ MULTIKOMPONENTNÍ ANALÝZA

Multikomponentní (vícesložková) analýza je velmi aktuální metodou chemických stanovení. Problematiku multikomponentní analýzy lze názorně vysvětlit např. na jednoduché a snadno pochopitelné metodě spektrofotometrické analýzy. Zásadní vliv na správnost stanovení koncentrací jednotlivých komponent v analyzovaném systému má správný výběr a dostatečný počet vlnových délek, zejména v oblasti absorpčních maxim jednotlivých komponent.

Cílem multikomponentní spektrofotometrické analýzy je současné stanovení koncentrací několika látek (složek, komponent, částic) v roztoku vedle sebe (tzn. bez předchozí separace). Metody multikomponentní analýzy je možno rozdělit do dvou základních skupin:

1. klasické metody multikomponentní analýzy [24, 25] – vyžadují pro nalezení uspokojivě správných hodnot koncentrací složek platnost Bouguer-Lambert-Beerova zákona pro každou ze složek v uvažovaném rozsahu koncentrací a vzájemně se neovlivňující složky,
2. moderní metody multikomponentní analýzy – jsou schopné řešit problematiku multikomponentní analýzy i při omezené platnosti Bouguer-Lambert-Beerova zákona a případné interakci složek.

6.1 Klasické metody vícesložkové analýzy

Obsahuje-li roztok větší počet absorbujících složek, které vzájemně neinteragují a pro každou složku samostatně platí Bouguer-Lambert-Beerův zákon, je výsledná absorbance A_i (při dané vlnové délce i , kde $i = 1, \dots, m$) dána součtem všech dílčích absorbancí jednotlivých komponent j ($j = 1, \dots, p$):

$$A_i = \sum_{j=1}^p \varepsilon_{ij} \cdot c_j \cdot l \quad (6.1)$$

$$A_i = \varepsilon_{i1} \cdot c_1 \cdot l + \varepsilon_{i2} \cdot c_2 \cdot l + \dots + \varepsilon_{ip} \cdot c_p \cdot l \quad (6.2)$$

kde A_i ... absorbance roztoku při i -té vlnové délce
 i ... označení zvolené vlnové délky pro měření
 j ... označení zvolené komponenty
 p ... počet složek (komponent)
 m ... počet vlnových délek
 l ... optická délka kyvety (pro zjednodušení v další práci jednotková)
 ε_{ij} ... absorpční koeficienty komponent ($j = 1, \dots, p$) při vlnových délkách ($i = 1, \dots, m$)

$c_1, \dots, c_p \dots$ koncentrace jednotlivých komponent.

Zápis (6.1, 6.2) je soustavou m rovnic o p neznámých.

Stanovit koncentrace jednotlivých komponent je možné tehdy, pokud $m \geq p$, tedy změříme-li absorbanci neznámého roztoku (vzorku) směsi při:

- a) tolika vlnových délkách, kolik je absorbujících látek (komponent) ve směsi $m = p$ (tzv. **přesně určené systémy**) nebo
- b) při více vlnových délkách než je počet absorbujících složek ve směsi $m > p$ (tzv. **přeurčené systémy**).

Přeurčené systémy mají oproti přesně určeným systémům některé výhody. Měříme-li pouze pro tolik vlnových délek, kolik je počet komponent ($m = p$), pak experimentální chyba v měřené hodnotě absorbance ovlivní konečný výsledek vícesložkové spektrofotometrické analýzy relativně podstatně více než při měření v přeurčených systémech ($m > p$). Také v případech, kdy jednotlivé komponenty mají členitější spektra (např. více maxim), je pro dosažení správnějších výsledků výhodnější měřit hodnoty absorbancí ve všech těchto maximech, tedy v přeurčených systémech.

6.1.1 Přeurčené systémy

Spektrofotometrická data naměřená v přeurčených systémech ($m > p$), mohou být zpracována různými způsoby. Velmi často např. metodou vícenásobné lineární regrese (Multiple Linear Regression – MLR).

Vícenásobná lineární regrese

Nejznámější z metod vícenásobné lineární regrese je, kromě metody inverze matic, tzv. metoda nejmenších čtverců.

Metoda nejmenších čtverců

Tato metoda nahrazuje skutečné hodnoty hodnotami vypočtenými, přičemž toto nahrazení provádí tak, aby součet druhých mocnin (čtverců) odchylek mezi skutečnou a vypočtenou (ideální, nahrazující) hodnotou byl co nejmenší.

$$\sum_{i=1}^m (A_{i,vyp} - A_{i,exp})^2 = \min. \quad (6.3)$$

V našem případě skutečnými hodnotami jsou naměřené absorbance $A_{i,exp}$, zatímco hodnotami počítanými jsou absorbance $A_{i,vyp}$ vypočtené podle vztahu:

$$A_{i,vyp} = \varepsilon_{i1} \cdot c_1 \cdot l + \varepsilon_{i2} \cdot c_2 \cdot l + \dots + \varepsilon_{ip} \cdot c_p \cdot l \quad (6.4)$$

Hodnoty $\varepsilon_{i1}, \dots, \varepsilon_{ip}$ známe (vypočteme z naměřených spekter čistých látek), hodnota l je tloušťka kyvety (pro zjednodušení volíme $l=1$ cm, proto se hodnota l v dalším textu neobjevuje). Hodnoty c_1 až c_p jsou hledané koncentrace komponent.

Dvousložkový systém

Analyzovaný vzorek obsahuje 2 komponenty (potravinářská barviva), proto budeme hledat pouze hodnoty koncentrací c_1, c_2 (některá z těchto dvou hodnot může

vyjít velmi nízká, v tom případě náš vzorek obsahuje zřejmě tohoto barviva velmi málo, popř. vůbec).

Pro nejvhodnější hledané hodnoty c_1 , c_2 tedy musí platit:

$$U = (A_{1,vyp} - A_{1,exp})^2 + (A_{2,vyp} - A_{2,exp})^2 + \dots + (A_{m,vyp} - A_{m,exp})^2 = \min. \quad (6.5)$$

Po dosazení 6.4 s přihlédnutím ke skutečnosti, že $l = 1$, dostaneme:

$$U = (\varepsilon_{11} \cdot c_1 + \varepsilon_{12} \cdot c_2 - A_{1,exp})^2 + (\varepsilon_{21} \cdot c_1 + \varepsilon_{22} \cdot c_2 - A_{2,exp})^2 + \dots + (\varepsilon_{m1} \cdot c_1 + \varepsilon_{m2} \cdot c_2 - A_{m,exp})^2 = \min. \quad (6.6)$$

Požadavku, že daný součet musí být co nejmenší číslo (označeno min.), vyhovíme tak, že vztah 6.6 zderivujeme, výsledek položíme roven nule a výslednou rovnici vyřešíme. Protože hledáme dvě neznámé, musíme derivování provést dvakrát (zvlášť pro každou koncentraci c_1 , c_2) a na závěr vyřešit soustavu dvou rovnic o dvou neznámých. Derivováním obdržíme:

$$\begin{aligned} \frac{\delta U}{\delta c_1} &= 2 \cdot (\varepsilon_{11} \cdot c_1 + \varepsilon_{12} \cdot c_2 - A_{1,exp}) \cdot \varepsilon_{11} + 2 \cdot (\varepsilon_{21} \cdot c_1 + \varepsilon_{22} \cdot c_2 - A_{2,exp}) \cdot \varepsilon_{21} + \\ &+ \dots + 2 \cdot (\varepsilon_{m1} \cdot c_1 + \varepsilon_{m2} \cdot c_2 - A_{m,exp}) \cdot \varepsilon_{m1} = 0 \end{aligned} \quad (6.7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta U}{\delta c_2} &= 2 \cdot (\varepsilon_{11} \cdot c_1 + \varepsilon_{12} \cdot c_2 - A_{1,exp}) \cdot \varepsilon_{12} + 2 \cdot (\varepsilon_{21} \cdot c_1 + \varepsilon_{22} \cdot c_2 - A_{2,exp}) \cdot \varepsilon_{22} + \\ &+ \dots + 2 \cdot (\varepsilon_{m1} \cdot c_1 + \varepsilon_{m2} \cdot c_2 - A_{m,exp}) \cdot \varepsilon_{m2} = 0 \end{aligned} \quad (6.8)$$

Řešením výše uvedené soustavy dvou rovnic o dvou neznámých 6.7, 6.8 získáme hledané co nejlepší hodnoty c_1 , c_2 .

Úpravou (vydělením číslem 2 a roznásobením) dostaneme:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} \cdot \varepsilon_{11} \cdot c_1 + \varepsilon_{11} \cdot \varepsilon_{12} \cdot c_2 - \varepsilon_{11} \cdot A_{1,exp} + \varepsilon_{21} \cdot \varepsilon_{21} \cdot c_1 + \varepsilon_{21} \cdot \varepsilon_{22} \cdot c_2 - \varepsilon_{21} \cdot A_{2,exp} + \\ + \dots + \varepsilon_{m1} \cdot \varepsilon_{m1} \cdot c_1 + \varepsilon_{m1} \cdot \varepsilon_{m2} \cdot c_2 - \varepsilon_{m1} \cdot A_{m,exp} = 0 \end{aligned} \quad (6.9)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} \cdot \varepsilon_{12} \cdot c_1 + \varepsilon_{12} \cdot \varepsilon_{12} \cdot c_2 - \varepsilon_{12} \cdot A_{1,exp} + \varepsilon_{21} \cdot \varepsilon_{22} \cdot c_1 + \varepsilon_{22} \cdot \varepsilon_{22} \cdot c_2 - \varepsilon_{22} \cdot A_{2,exp} + \\ + \dots + \varepsilon_{m1} \cdot \varepsilon_{m2} \cdot c_1 + \varepsilon_{m2} \cdot \varepsilon_{m2} \cdot c_2 - \varepsilon_{m2} \cdot A_{m,exp} = 0 \end{aligned} \quad (6.10)$$

Seřazením podle neznámých (koncentrace c_1 , c_2) a jejich vytknutím dostaneme:

$$\begin{aligned} (\varepsilon_{11} \cdot \varepsilon_{11} + \varepsilon_{21} \cdot \varepsilon_{21} + \dots + \varepsilon_{m1} \cdot \varepsilon_{m1}) \cdot c_1 + (\varepsilon_{11} \cdot \varepsilon_{12} + \varepsilon_{21} \cdot \varepsilon_{22} + \dots + \varepsilon_{m1} \cdot \varepsilon_{m2}) \cdot c_2 = \\ = \varepsilon_{11} \cdot A_{1,exp} + \varepsilon_{21} \cdot A_{2,exp} + \dots + \varepsilon_{m1} \cdot A_{m,exp} \end{aligned} \quad (6.11)$$

$$\begin{aligned} (\varepsilon_{12} \cdot \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} \cdot \varepsilon_{21} + \dots + \varepsilon_{m2} \cdot \varepsilon_{m1}) \cdot c_1 + (\varepsilon_{12} \cdot \varepsilon_{12} + \varepsilon_{22} \cdot \varepsilon_{22} + \dots + \varepsilon_{m2} \cdot \varepsilon_{m2}) \cdot c_2 = \\ = \varepsilon_{12} \cdot A_{1,exp} + \varepsilon_{22} \cdot A_{2,exp} + \dots + \varepsilon_{m2} \cdot A_{m,exp} \end{aligned} \quad (6.12)$$

Nahrazením zápisu součtů ve výše uvedených rovnicích obvyklou symbolikou pro sumy dostaneme (i je označení vlnové délky, při níž bylo provedeno měření):

$$\sum_{i=1}^m \varepsilon_{i,1} \cdot \varepsilon_{i,1} \cdot c_1 + \sum_{i=1}^m \varepsilon_{i,1} \cdot \varepsilon_{i,2} \cdot c_2 = \sum_{i=1}^m \varepsilon_{i,1} \cdot A_{1,exp} \quad (6.13)$$

$$\sum_{i=1}^m \varepsilon_{i,2} \cdot \varepsilon_{i,1} \cdot c_1 + \sum_{i=1}^m \varepsilon_{i,2} \cdot \varepsilon_{i,2} \cdot c_2 = \sum_{i=1}^m \varepsilon_{i,2} \cdot A_{1,exp} \quad (6.14)$$

Hodnoty jednotlivých součtů (sum) určíme snadno některým tabulkovým procesorem, např. programem Excel nebo výpočtem. Výsledkem je vždy nějaké číslo (suma). Označme si je např. S_1 až S_6 . Výše uvedené rovnice pak můžeme zjednodušeně zapsat ve tvaru:

$$S_1 \cdot c_1 + S_2 \cdot c_2 = S_3 \quad (6.15)$$

$$S_4 \cdot c_1 + S_5 \cdot c_2 = S_6 \quad (6.16)$$

Soustava 6.15, 6.16 je soustava dvou rovnic o dvou neznámých, kterou vyřešíme libovolným vhodným způsobem, např.:

- pomocí programu Excel (např. metodou inverze matic)
- metodou dosazovací
- výpočtem z následujících rovnic:

$$c_1 = \frac{S_5 \cdot S_3 - S_2 \cdot S_6}{S_1 \cdot S_5 - S_2 \cdot S_4} \quad (6.17)$$

$$c_2 = \frac{S_4 \cdot S_3 - S_1 \cdot S_6}{S_2 \cdot S_4 - S_1 \cdot S_5} \quad (6.18)$$

Třísložkový systém

Analyzovaný vzorek obsahuje 3 komponenty (potravinářská barviva), proto budeme hledat pouze hodnoty c_1, c_2, c_3 (některá z těchto tří hodnot může vyjít velmi nízká, v tom případě náš vzorek obsahuje zřejmě tohoto barviva velmi málo, popř. vůbec).

Pro nejvhodnější hledané hodnoty c_1, c_2, c_3 tedy musí obdobně platit:

$$U = (A_{1,vyp} - A_{1,exp})^2 + (A_{2,vyp} - A_{2,exp})^2 + \dots + (A_{m,vyp} - A_{m,exp})^2 = \min \quad (6.19)$$

Podobně jako u dvousložkového systému postupné úpravy rovnice 6.19 vedou k soustavě tří rovnic o třech neznámých:

$$S_1 \cdot c_1 + S_2 \cdot c_2 + S_3 \cdot c_3 = S_4 \quad (6.20)$$

$$S_5 \cdot c_1 + S_6 \cdot c_2 + S_7 \cdot c_3 = S_8 \quad (6.21)$$

$$S_9 \cdot c_1 + S_{10} \cdot c_2 + S_{11} \cdot c_3 = S_{12} \quad (6.22)$$

Řešením této soustavy rovnic 6.20, 6.21, 6.22 získáme hodnoty koncentrací c_1, c_2, c_3 :

$$c_1 = \frac{S_4 \cdot S_6 \cdot S_{11} + S_{12} \cdot S_2 \cdot S_7 + S_8 \cdot S_3 \cdot S_{10} - S_{12} \cdot S_3 \cdot S_6 - S_4 \cdot S_7 \cdot S_{10} - S_8 \cdot S_2 \cdot S_{11}}{S_1 \cdot S_6 \cdot S_{11} + S_2 \cdot S_7 \cdot S_9 + S_3 \cdot S_5 \cdot S_{10} - S_3 \cdot S_6 \cdot S_9 - S_1 \cdot S_7 \cdot S_{10} - S_2 \cdot S_5 \cdot S_{11}} \quad (6.23)$$

$$c_2 = \frac{S_8 \cdot S_1 \cdot S_{11} + S_4 \cdot S_7 \cdot S_9 + S_{12} \cdot S_3 \cdot S_5 - S_8 \cdot S_3 \cdot S_9 - S_{12} \cdot S_1 \cdot S_7 - S_4 \cdot S_5 \cdot S_{11}}{S_1 \cdot S_6 \cdot S_{11} + S_2 \cdot S_7 \cdot S_9 + S_3 \cdot S_5 \cdot S_{10} - S_3 \cdot S_6 \cdot S_9 - S_1 \cdot S_7 \cdot S_{10} - S_2 \cdot S_5 \cdot S_{11}} \quad (6.24)$$

$$c_3 = \frac{S_{12} \cdot S_1 \cdot S_6 + S_8 \cdot S_2 \cdot S_9 + S_4 \cdot S_5 \cdot S_{10} - S_4 \cdot S_6 \cdot S_9 - S_8 \cdot S_1 \cdot S_{10} - S_{12} \cdot S_2 \cdot S_5}{S_1 \cdot S_6 \cdot S_{11} + S_2 \cdot S_7 \cdot S_9 + S_3 \cdot S_5 \cdot S_{10} - S_3 \cdot S_6 \cdot S_9 - S_1 \cdot S_7 \cdot S_{10} - S_2 \cdot S_5 \cdot S_{11}} \quad (6.25)$$

Volba vlnových délek

V přeурčených systémech volíme vlnové délky tak, abychom pro každou komponentu vybrali nejméně 3 vlnové délky. Většinou volíme jednu vlnovou délku v λ_{max} spekter jednotlivých složek a ostatní pokud možno tak, aby v nich ostatní komponenty absorbovaly co nejméně.

Pro 2 komponenty vybíráme tedy 6 vlnových délek, pro 3 komponenty obvykle 9 vlnových délek (u částečně překrývajících se spekter postačí 8 vlnových délek).

Na správném výběru vlnových délek závisí správnost dosažených výsledků [24].

7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1 Chemikálie

Standardy syntetických potravinářských barviv:

- tartrazin E 102 (TAR)
- chinolinová žluť E 104 (CHŽ)
- žluť SY E 110 (ŽSY)
- azorubin E 122 (AZO)
- ponceau 4R E 124 (PON)
- brilantní modř E 133 (BRM)

všechny CHLS, Velké Bílovice, ČR.

Zásobní vodné roztoky syntetických potravinářských barviv:

tartrazin, chinolinová žluť, žluť SY, azorubin, ponceau 4R, brilantní modř o koncentraci $c_m = 0,2$ g/l.

7.2 Přístrojové vybavení

- UV/VIS spektrofotometr Lambda 25

PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Shelton, USA.

7.3 Vzorky nápojů

Praktické vzorky:

Dvousložková analýza

- sirup Lesní plody, Albert, ČR
- sirup Lesní směs, CBA, ČR
- nápojový koncentrát Clara Lesní plody, CHENO Třebíč, ČR
- energetický nápoj Kamikaze, Power Life Energy s.r.o., ČR
- instantní nápoj Fruttco Orange, Surya International, Changodar, India
- alkoholický nápoj Pepermint
- alkoholický nápoj Višňovka.

Třísložková analýza

- sirup Černý rybíz, Albert, ČR
- sirup s příchutí kiwi, CBA, Neli, a.s. Vyškov, ČR
- sirup Kiwi, Neli, a.s. Vyškov, ČR
- instantní nápoj Fruttco tropical, Surya International, Changodar, India.

Zastoupení syntetických potravinářských barviv v jednotlivých analyzovaných vzorcích je uvedeno v tabulce 7.1.

Vzorek	CHŽ	TAR	ŽSY	PON	AZO	BRM
	E 104	E 102	E 110	E 124	E 122	E 133
Lesní plody sirup					+	+
Lesní směs sirup					+	+
Clara nápojový koncentrát					+	+
Kamikaze energetický nápoj					+	+
Fruttco Orange instantní nápoj		+	+			
Pepermint alkoholický nápoj		+				+
Višňovka alkoholický nápoj			+		+	
Černý rybíz sirup				+	+	+
Kiwi CBA sirup	+		+			+
Kiwi sirup	+		+			+
Fruttco Tropical instantní nápoj		+	+		+	

Tabulka 7.1: Přehled syntetických potravinářských barviv v analyzovaných vzorcích

7.4 Pracovní postupy

7.4.1 Absorpční spektra

Absorpční spektra jednotlivých syntetických potravinářských barviv byla měřena v rozsahu vlnových délek 400 – 650 nm v kyvetě o optické délce 1 cm pro hmotnostní

koncentrace $c_m = 0,016$ g/l (tartrazin (E 102), chinolinová žluť (E 104), žluť SY (E 110), azorubin (E 122), ponceau 4R (E 124)) a $c_m = 0,004$ g/l (brilantní modř (E 133)).

Z naměřených absorpčních spekter jednotlivých syntetických potravinářských barviv byly pro další měření vybrány pro každé barvivo vždy 3 vlnové délky z oblasti jejich absorpčních maxim.

7.4.2 Stanovení obsahu syntetických potravinářských barviv ve vzorcích

Ze zásobních roztoků barviv (tartrazin (E 102), chinolinová žluť (E 104), žluť SY (E 110), azorubin (E 122), ponceau 4R (E 124)) byly připraveny roztoky o hmotnostní koncentraci $c_m = 0,016$ g/l a roztok barviva brilantní modř (E 133) o hmotnostní koncentraci $c_m = 0,004$ g/l.

Vzorky brané k analýze byly navažovány, popř. řaděny dle potřeby (v závislosti na obsahu jednotlivých barviv).

Absorbance roztoků jednotlivých barviv a analyzovaných vzorků byly měřeny při vybraných vlnových délkách příslušných barviv obsažených v daném vzorku (dvousložkový systém - 6 vlnových délek, tříložkový systém - 9 vlnových délek) v kyvetě o optické délce 1 cm.

7.4.3 Vyhodnocení experimentálních dat

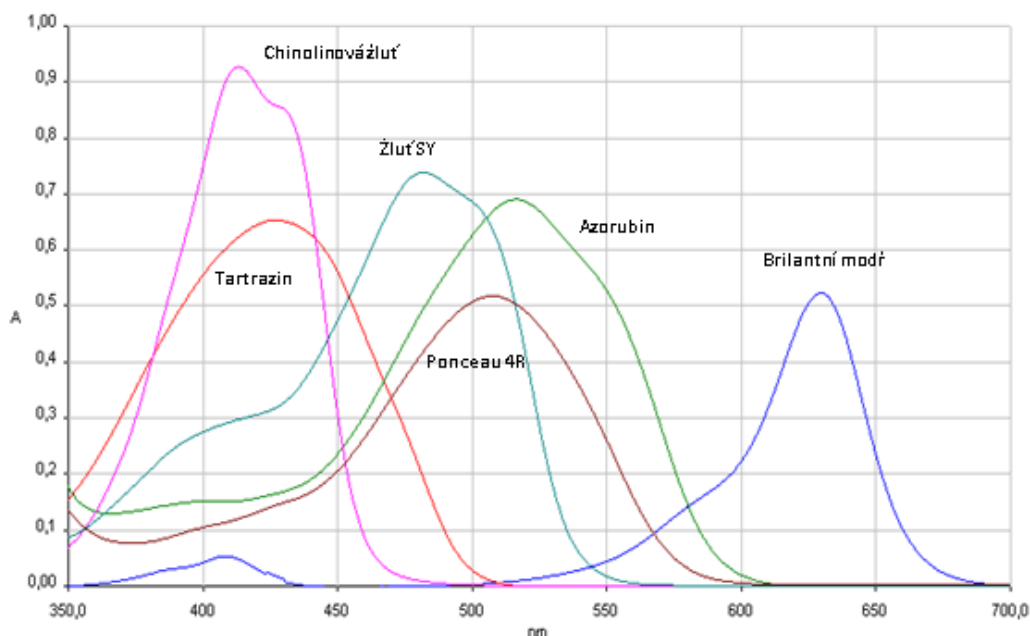
Naměřená data byla vyhodnocena pomocí programu MULA v Microsoft Excel, upraveného pro 2, resp. 3 komponenty.

Ukázka vyhodnocení pomocí programu MULA v Microsoft Excel pro vybraný vzorek je uvedena v příloze C.

8 VÝSLEDKY A DISKUSE

8.1 Absorpční spektra barviv

Absorpční spektra jednotlivých syntetických potravinářských barviv tartrazin (E 102), chinolinová žluť (E 104), žluť SY (E 110), azorubin (E 122), ponceau 4R (E 124) a brilantní modř (E 133) jsou uvedena na obrázku 8.1.



Obrázek 8.1: Absorpční spektra jednotlivých syntetických potravinářských barviv

Z naměřených absorpčních spekter byla zjištěna absorpční maxima (λ_{max}) jednotlivých syntetických potravinářských barviv, která jsou uvedena v tabulce 8.1.

Barvivo	CHŽ E 104	TAR E 102	ŽSY E 110	PON E 124	AZO E 122	BRM E 133
λ_{max} [nm]	413	428	480	508	515	630

Tabulka 8.1: Absorpční maxima jednotlivých syntetických potravinářských barviv

Vlnové délky pro analýzu jednotlivých vzorků byly voleny tak, že byly brány vždy 3 vlnové délky v oblasti absorpčního maxima příslušného syntetického potravinářského barviva obsaženého ve vzorku (tabulka 8.2). Hodnoty absorpčních u jednotlivých vzorků tak byly měřeny celkem pro 6 vlnových délek (dvousložková analýza), resp. 9 vlnových délek (třísložková analýza).

Barvivo	CHŽ E 104	TAR E 102	ŽSY E 110	PON E 124	AZO E 122	BRM E 133
λ max [nm]	400	400	470	480	500	620
	413	428	480	490	515	630
	428	440	490	508	530	640

Tabulka 8.2: Vybrané vlnové délky jednotlivých syntetických potravinářských barviv

8.2 Analýza vzorků

Výsledky spektrofotometrického multikomponentního stanovení jednotlivých syntetických potravinářských barviv v 11 analyzovaných vzorcích v předurčených systémech (6, resp. 9 vlnových délek) jsou uvedeny v tabulce 8.3.

8.3 Diskuse

Monitoring syntetických potravinářských barviv, které se vyskytují v potravinách ve směsích byl prováděn v roce 2013 a 2014. Tento monitoring ukázal, že se syntetická potravinářská barviva používají k přibarvování potravin poměrně často, a to jak samotná, tak i ve směsích většinou dvou až tří barviv.

Sledování bylo prováděno v brněnských prodejnách a výrobky byly vybírány tak, aby obsahovaly ve směsi 2 a více barviv s možností jejich následného stanovení multikomponentní spektrofotometrickou analýzou. Výrobků obsahujících dvě a více barviv bylo ve dvouletém sledování nalezeno celkem 150, z toho 79 výrobků obsahovalo dvě barviva ve směsi a 38 výrobků obsahovalo tři barviva ve směsi. U 33 výrobků se vyskytovalo čtyři až sedm barviv, avšak jak bylo již zmíněno, barviva nemusí být u jednotlivých kusů daného výrobku ve směsích, ale i jako jednotlivá.

Monitoring v roce 2014 odhalil, že ve většině výrobcích se oproti předchozímu roku syntetická barviva už neobjevují a jsou v případě nutnosti nahrazována barvivy přírodními. Některé sledované výrobky již nebyly v prodejnách nalezeny, ale není známo, zda je výrobce stáhnul z trhu nebo je jen dané prodejny přestaly odebírat.

Z hlediska potenciální možnosti spektrofotometrického multikomponentního stanovení bylo nalezeno 25 % výrobků z výše zmíněných 150. Pro praktické analýzy bylo z těchto produktů vybráno 11 vzorků alkoholických nebo nealkoholických nápojů určených k přímé konzumaci, popř. po zředění, které obsahovaly prokazatelně směs dvou nebo tří syntetických potravinářských barviv a zároveň měly jednoduchou matici vzorku.

Ke stanovení byla použita metoda spektrofotometrické klasické multikomponentní analýzy, která po optimalizaci podmínek stanovení umožňuje stanovení syntetických potravinářských barviv bez předchozí separace.

Vzorky k analýze byly vybírány tak, aby absorpční maxima jednotlivých barviv byla odlišná a analýzy tak nebyly zatíženy chybou blízkých absorpčních maxim jednotlivých barviv. Jak ukázal monitoring, ve větší části výrobků se barviva blízkých absorpčních maxim nevyskytují.

Nejčastěji užívaná směs dvou barviv byla směs červeného barviva azorubinu a modrého barviva brilantní modři, což byla ideální kombinace pro využití spek-

Vzorek	CHŽ	TAR	ŽSY	PON	AZO	BRM
	E 104	E 102	E 110	E 124	E 122	E 133
[mg/l, mg/g*]						
Lesní plody sirup					66,31	0,74
Lesní směs sirup					71,23	1,11
Clara nápojový koncentrát					180,60	4,37
Kamikaze energetický nápoj					22,32	3,48
Fruttco Orange instantní nápoj		0,39*	2,08*			
Pepermint alkoholický nápoj		34,19				13,62
Višňovka alkoholický nápoj			39,63		60,97	
Černý rybíz sirup				3,47	94,56	2,33
Kiwi CBA sirup	140,89		44,50			9,69
Kiwi sirup	150,95		46,86			10,44
Fruttco Tropical instantní nápoj		3,86*	4,56*		1,60*	

Tabulka 8.3: Obsahy syntetických potravinářských barviv ve vzorcích

trofotometrické multikomponentní analýzy pro stanovení barviv. Směs dvou žlutých barviv žluti SY a tartrazinu opět s dostatečně rozdílnými absorpčními maximy byla pro stanovení barviv ve vybraných vzorcích vyhovující. U třísloužkových systémů byly analyzovány vzorky obsahující směs dvou žlutých a jednoho modrého barviva, popř. dvou žlutých a jednoho červeného barviva s dostatečně rozdílnými absorpčními maximy.

Výsledky analýz vzorků obsahujících syntetická potravinářská barviva ukazují na dodržování NPM ze strany výrobců. Ani jeden analyzovaný vzorek, určený přímo ke konzumaci, popř. po doporučeném zředění, nepřekročil limit NPM [5]. Pro nealkoholické nápoje NPM barviv jednotlivě činí 100 mg/l, popř. 100 mg/kg a pro alkoholické nápoje NPM činí 200 mg/l. Při použití v kombinaci se hodnota NPM týká celkového množství použitých barviv. V případě přidávaných barviv E 110, E 122, E 124 a E 155 jednotlivě či v kombinaci nesmí být obsah jednotlivého barviva vyšší než 50 mg/l, popř. 50 mg/kg. Při ředění nápojů dle doporučení výrobce u žádného z analyzovaných vzorků nebyl překročen limit.

Spektrofotometrická multikomponentní analýza byla v práci aplikována na vzorky s jednoduchou maticí a je vhodnou metodou ke stanovení syntetických potravinářských barviv z hlediska minimální časové náročnosti, spotřeby chemikálií a náročnosti na přístrojové vybavení.

9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl monitoring syntetických potravinářských barviv.

V teoretické části byl do práce zahrnut přehled a základní charakteristiky jednotlivých syntetických potravinářských barviv včetně možných zdravotních rizik spojených s jejich výskytem v potravinách.

Zvláštní kapitola byla věnována legislativě používání syntetických potravinářských barviv. Teoretická část byla doplněna o nejčastěji využívané metody stanovení syntetických potravinářských barviv včetně metody spektrofotometrické multikomponentní analýzy, která byla následně použita v experimentální části práce ke stanovení obsahu barviv ve vzorcích nealkoholických i alkoholických nápojů.

Stěžejní částí práce bylo sledování přítomnosti (výskytu) syntetických potravinářských barviv obsažených ve směsích v potravinářských výrobcích, a to během let 2013 a 2014. Z monitoringu vyplynulo, že syntetická potravinářská barviva se poměrně často používají k přibarvování potravin a to nejen jako jednotlivá barviva, ale často ve směsích dvou a tří barviv.

Výrobků obsahujících dvě a více syntetických potravinářských barviv ve směsi bylo nalezeno 150, z toho 79 výrobků obsahovalo dvě barviva ve směsi, 38 obsahovalo tři barviva ve směsi a u 33 výrobků se vyskytovalo čtyři až sedm barviv. S ohledem na možnost stanovení syntetických potravinářských barviv přímou multikomponentní spektrofotometrickou analýzou bez předchozí úpravy vzorků by šlo využít asi 25 % výrobků.

Dvouletý monitoring ukázal také důležitou skutečnost, že v počtu sledovaných výrobků obsahujících syntetická potravinářská barviva, klesl jejich výskyt přibližně o méně než polovinu. Přesný údaj nelze určit právě vzhledem k nedohledatelnosti některých výrobků na trhu. Tato barviva jsou v případě nutnosti přibarvování nahrazována barvivy přírodními.

V experimentální části bakalářské práce bylo pro stanovení obsahu syntetických potravinářských barviv pomocí multikomponentní spektrofotometrické analýzy vybráno celkem 11 nápojů, z toho 9 nealkoholických a 2 alkoholické nápoje. Ani u jednoho z analyzovaných vzorků nebyl v obsahu přítomných syntetických potravinářských barviv překročen limit NPM.

Z práce rovněž vyplynulo, že metody spektrofotometrické multikomponentní analýzy poskytují rychlé a spolehlivé informace o obsahu barviv ve vzorcích a jsou časově nenáročné a ekonomicky výhodné bez nutnosti pořízení drahé instrumentace a chemikálií.

Literatura

- [1] de ANDRADE, F. I.; GUEDES, M. I. F.; VIEIRA, I. G. P.; aj.: Determination of Synthetic Food Dyes in Commercial Soft Drinks by TLC and Ion-pair HPLC. *Food Chemistry*, ročník 157, 2014: s. 193–198.
- [2] BABIČKA, L.: *Přídavné látky v potravinách: publikace České technologické platformy pro potraviny*. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2012, ISBN 978-80-905096-3-4.
- [3] BONAN, S.; FEDRIZZI, G.; MENOTTA, S.; aj.: Simultaneous Determination of Synthetic Dyes in Foodstuffs and Beverages by High-performance Liquid Chromatography Coupled with Diode-array Detector. *Dyes and Pigments*, ročník 99, 2013: s. 36–40.
- [4] BUREŠOVÁ P.: Přídavné látky (aditiva). <http://www.szpi.gov.cz>, [cit. 2014-10-05].
- [5] ČESKO: Vyhláška č. 4/2008 Sb., ve znění vyhlášky č. 130/2010 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídavných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění. In: Sbírnka zákonů České republiky, 15.2.2008.
- [6] ČESKO: Vyhláška 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, v platném znění. In: Sbírnka zákonů České republiky, 1.6.2010.
- [7] ČESKO: Vyhláška č. 235/2010 Sb., o stanovení požadavků na čistotu a identifikaci přídavných látek, v platném znění. In: Sbírnka zákonů České republiky, 1.8.2010.
- [8] ČESKO: Zákon č.110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, v platném znění. In: Sbírnka zákonů České republiky, 1.9.1997.
- [9] DOŠEK, M.; TRÍSKOVÁ, D.; FIKAROVÁ, J.: Stanovení syntetických barviv E 122 (Azorubin) a E 124 (Ponceau 4R) v nealkoholických nápojích metodou iontově interakční chromatografie a diferenční pulzní polarografie. *Chemické listy*, ročník 107, 2013: s. 233–235.
- [10] EL-SHEIKH, A. H.; AL-DEGS, Y. S.: Spectrophotometric Determination of Food Dyes in Soft Drinks by Second Order Multivariate Calibration of the Absorbance Spectra-pH Data Matrices. *Dyes and Pigments*, ročník 97, 2013: s. 330–339.

- [11] EU: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [12] EU: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1331/2008 ze dne 16. prosince 2008, kterým se stanoví jednotné povolovací řízení pro potravinářské přídatné látky, potravinářské enzymy a látky určené k aromatizaci potravin. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [13] EU: Nařízení Komise (EU) č. 1129/2011 ze dne 11. listopadu 2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek Unie. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [14] EU: Nařízení Komise (EU) č. 1130/2011 ze dne 11. listopadu 2011, kterým se mění příloha III nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách zavedením seznamu potravinářských přídatných látek Unie schválených pro použití v potravinářských přídatných látkách, potravinářských enzymech, potravinářských aromatech a živinách. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [15] EU: Nařízení Komise (EU) č. 232/2012 ze dne 16. března 2012, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, pokud jde o podmínky použití a úrovně použití u chinolinové žluti (E 104), žluti SY (Sunset Yellow FCF, Gelborange S) (E 110) a Ponceau 4R, košenilové červeně A (E 124). In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [16] EU: Směrnice Komise 1999/75/ES ze dne 22. července 1999, kterou se mění směrnice 95/45/ES, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu barviv pro použití v potravinách. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [17] EU: Směrnice Komise 2001/50/ES ze dne 3. července 2001, kterou se mění směrnice 95/45/ES, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu týkající se barviv pro použití v potravinách. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [18] EU: Směrnice Komise 2004/47/ES ze dne 16. dubna 2004, kterou se mění směrnice 95/45/ES s ohledem na směs karotenů E 160a (i) a beta karoten E 160a (ii). In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [19] EU: Směrnice Komise 2006/33/ES ze dne 20. března 2006, kterou se mění směrnice 95/45/ES, pokud jde o žluť SY FCF E (110) a oxid titaničitý (E 171). In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].
- [20] EU: Směrnice Komise 95/45/ES ze dne 26. července 1995, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu barviv pro použití v potravinách. In: EUR-Lex [právní informační systém]., [cit. 2014-12-04].

- [21] GIOVINE, L. D.; BOCCA, A. P.: Determination of synthetic dyes in ice-cream by capillary electrophoresis. *Food Control*, ročník 14, June 2003: s. 131–135.
- [22] GÜLER, Z.: Determination of Synthetic Colorants in Confectionery and Instant Drink Powders Consumed in Turkey Using UV/VIS Spectrophotometry. *Journal of Food Quality*, ročník 28, 2005: s. 98–108.
- [23] CHEN, X. H.; ZHAO, Y. G.; SHEN, H. Y.; aj.: Fast Determination of Seven Synthetic Pigments from Wine and Soft Drinks Using Magnetic Dispersive Solid-phase Extraction Followed by Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A*, ročník 1346, 2014: s. 123–128.
- [24] JANČÁŘ, L.; JANČÁŘOVÁ, I.: *Multicomponent Analysis - Optimal Conditions of Determination In: XXIX International Colloquium on the Management of Educational Process. Proceedings, Part 1*. Brno: University of Defence, 2011, ISBN 978-80-7231-780-6.
- [25] JANČÁŘ, L.; JANČÁŘOVÁ, I.: *Application of the Multicomponent Analysis on Food Dyes Content Determination in Three- Componental Systems. In: XXXII International Colloquium on the Management of Educational Process. Proceedings of abstracts and electronic version of reviewed contributions on CD-ROM*. Brno: University of Defence, 2014, ISBN 978-80-7231-958-9.
- [26] KHANAVI, M.; HAJIMAHMOODI, M.; RANJBAR, A. M.; aj.: Development of a Green Chromatographic Method for Simultaneous Determination of Food Colorants. *Food analytical methods*, ročník 5, June 2012: s. 408–415.
- [27] KUBÁŇ, V.; KUBÁŇ, P.: *Analýza potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007, ISBN 978-80-7375-035-7.
- [28] KUCHARSKA, M.; GRABKA, J.: A review of chromatographic methods for determination of synthetic food dyes. *Talanta*, ročník 80, September 2010: s. 1045–1051.
- [29] KVASNIČKOVÁ A.: Legislativní předpisy EU týkající se potravinářských aditiv. <http://www.bezpecnostpotravin.cz>, 2008.
- [30] KVASNIČKOVÁ A.: Identifikace potravinářských aditiv podle čísla (INS), Systém E-kódů. <http://www.bezpecnostpotravin.cz>, [cit. 2014-10-05].
- [31] MA, M.; LUO, X.; CHEN, B.; aj.: Simultaneous determination of water-soluble and fat-soluble synthetic colorants in foodstuff by high-performance liquid chromatography-diode array detection-electrospray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, ročník 1103, December 2006: s. 170–176.
- [32] PAVELKOVÁ K.: Přidatné látky povolené při výrobě potravin. <http://www.szpi.gov.cz>, 2012.

- [33] PRADO, M. A.; BOAS, L. F. V.; BRONZE, M. R.; aj.: Validation of methodology for simultaneous determination of synthetic dyes in alcoholic beverages by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, ročník 1136, November 2006: s. 231–236.
- [34] ŠLAMPOVÁ, A.; JANČÁŘOVÁ, I.; SMĚLÁ, D.; aj.: Determination of Synthetic Colourants in Food Stuffs by Micellar Electrokinetic and Liquid Chromatography. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, ročník XLIX, č. 3, 2001: s. 91–100.
- [35] ŠLAMPOVÁ, A.; SMĚLÁ, D.; VONDRÁČKOVÁ, A.; aj.: Stanovení syntetických barviv v potravinách separačními metodami. *Chemické listy*, ročník 95, č. 3, January 2001: s. 163–168.
- [36] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 2002, ISBN 80-86659-02-X.
- [37] VRBOVÁ, T.: *Víme, co jíme?, aneb: Průvodce "Éčky" v potravinách*. Praha: EcoHouse, 2001, ISBN 80-238-7504-3.
- [38] WWW stránky: Codex Alimentarius. <http://www.eagri.cz>, [cit. 2014-10-04].
- [39] WWW stránky: Seznam Éček - barviva, konzervanty, emulgátory a další přídatné látky. <http://www.emulgatory.cz>, [cit. 2014-10-04].
- [40] YOSHIOKA, N.; ICHIHASHI, K.: Determination of 40 Synthetic Food Colors in Drinks and Candies by High-performance Liquid Chromatography Using a Short Column with Photodiode Array Detection. *Talanta*, ročník 74, 2008: s. 1408–1413.

Seznam obrázků

3.1	Tartrazin (E 102)	14
3.2	Chinolinová žluť (E 104)	14
3.3	Žluť SY (E 110)	14
3.4	Azorubin (E 122)	15
3.5	Amaranth (E 123)	15
3.6	Ponceau 4R (E 124)	16
3.7	Erythrosin (E 127)	16
3.8	Červeň 2G (E 128)	17
3.9	Červeň Allura AC (E 129)	17
3.10	Patentní modř (E 131)	18
3.11	Indigotin (E 132)	18
3.12	Brilantní modř FCF (E 133)	19
3.13	Zeleň S (E 142)	19
3.14	Brilantní čern BN (E 151)	20
3.15	Hněď FK (E 154)	20
3.16	Hněď HT (E 155)	21
8.1	Absorpční spektra jednotlivých syntetických potravinářských barviv	36
C.1	Multikomponentní analýza - Absorpční spektra	64

Seznam tabulek

3.1	Seznam povolených syntetických potravinářských barviv v ČR	13
4.1	Zakázaná syntetická potravinářská barviva v ČR	24
7.1	Přehled syntetických potravinářských barviv v analyzovaných vzorcích	34
8.1	Absorpční maxima syntetických potravinářských barviv	36
8.2	Vybrané vlnové délky jednotlivých syntetických potravinářských barviv	37
8.3	Obsahy syntetických potravinářských barviv ve vzorcích	38

Příloha A Sledované výrobky - výrobci

2 barviva

	Název	Popis	Výrobce	Stát
1	Absinth	70 % alk.	Fruko-Schulz s. r. o.	CZ
2	Activity drink red orange	Určeno pro zvláštní výživu	NUTREND D.S., a.s.	CZ
3	Albert Quality sirup	Příchuť - lesní směs	Neli a.s.	CZ
4	Amundsen	Příchuť - black currant	SSG NUF	Norsko
5	Barva na poživatiny	Zelená	DETECHA	CZ
6	Barva pro použití v potravinách	Růžová	Aroco s.r.o.	CZ
7	Benátová tyčinka	Roksová lízátková tyčinka s ovocnou příchutí	I.D.C. Praha a.s.	CZ
8	Benátová tyčinka	Lízátko	I.D.C. Holding, a.s.	SK
9	Berentzen	Příchuť - rebarbora, jahoda	Berentzen Distillers ČR spol. s r.o	CZ
10	Bohdanečský bylinný likér	25 % alk.	Dr. Cáb likérka BONZP	CZ
11	Carnosnack blueberry	Výživový doplněk. Příchuť borůvka.	NUTREND D.S., a.s.	EU
12	CBA sirup	Lesní směs	Neli a.s., Vyškov	CZ
13	Clara koncentrát	Lesní plody	CHENO Třebíč	CZ
14	Černý kaviár z capelin	Rybí polokonzerva	NOWACO Czech Republic s.r.o.	Dánsko
15	Deli	Tyčinka s pistáciovou příchutí a karamellem 15 % máčená v hořké čokoládě	Nestlé Česko s.r.o	CZ
16	Dort Kuba	Barviva součástí směsi džemu	Globus	CZ
17	Dort Sacher	Barviva součástí směsi džemu	Globus	CZ
18	Dortové želé	Práškové červené	Labeta a.s.	CZ
19	Doxy Roksy fruits	Roksové bonbony s ovocnou příchutí	I.D.C. Holding a.s.	SK
20	Doxy fruits	Roksové bonbony s ovocnou příchutí	I.D.C. Holding a.s.	SK
21	Duhové perličky	Jedlé ozdoby na cukrářské výrobky	Kovandovi,s.r.o.	CZ
22	Fialky	Fialové tvrdé bonbony	JUMAR-IMEX s.r.o.	EU

23	Fruttco	Orange	Surya International	Indie
24	Haribo Chamallows	Nečokoládová cukrovinka z pěnového cukru	Haribo-Holding GmbH & Co. KG	Francie
25	Hořčice plnotučná		SENF, spol. s r.o.	CZ
26	Hořčice plnotučná		Alba plus, s.r.o.	CZ
27	Hořčice plnotučná Malva		KAND, s.r.o.	CZ
28	Chilli omáčka		F.W.Tandoori spol. s r.o.	Vietnam
29	Jablko Kalabria	Limonáda s příchutí jablka s cukrem a sladidly	Kalabria s.r.o.	CZ
30	Jelzin cherry	Příchuť - cherry	United Brands,s.r.o.	Francie
31	Jelzin black liquer	Příchuť - black liquer	United Brands,s.r.o.	Francie
32	Jelzin power gold	Příchuť - power gold; 16,6 % alk.	United Brands,s.r.o.	Francie
33	Juice Blast Mentos	Žvýkačky s ovocnou šťávou bez cukru	PERFETTI S.P.A.	Turecko
34	Kamikaze	Energetický nápoj	Power Life Energy s.r.o.	CZ
35	Klokánky	Furé s příchutí mentolu a eukalyptu	Nestlé Česko s.r.o.	CZ
36	Lipo Besipky	Komprimát s ovocnými příchutěmi a vitamínem C	Nestlé Česko s.r.o.	CZ
37	Lízátko		JUNG Industry s.r.o.	CZ
38	Lízátko se žvýkačkou	Ovocné lízátko se žvýkačkou a kyselým práškem s cukrem a jahodovou příchutí	Quality Season, Product s.r.o.	Argentina
39	Lupeto snack	Snack se šunkovou příchutí	Intersnack a.s.	CZ
40	Magic Horror	Želé cukrovinky - gumové bonbóny	Trolli	Německo
41	Matjesové závitky a' la uzený losos	Výrobek ze sledů marinovaných za studena	ATLANTIK PRODUKT Třešňák s.r.o.	CZ
42	Matjesy v oleji	Výrobek ze solených sledů na způsob lososa	Delimax a.s.	CZ
43	Mentolky	Furé s příchutí mentolu a eukalyptu	Nestlé Česko s.r.o.	CZ
44	Nicolaus	Příchuť - lemon	St. Nicolaus-trade, a.s.	SK
45	Orbit Complete	Žvýkačka bez cukru s příchutí maliny, černého rybízu a grepu	Wm. Wrigley Jr. Company	Francie
46	Ovocné želé	S broskvovou příchutí	Dr. Oetker spol. s r.o.	CZ
47	Pegas Pistachio Prima	Mražený krém s pistáciovou příchutí	Nowaco Opava s.r.o.	CZ
48	Pepermint	Alkoholický nápoj	Mladé Vožice (Mefisto)	CZ
49	Peprmintový liqueur	Peprmintový aromatizovaný likér (25 % alk.)	Linea Nivnice, a.s.	CZ

50	Perník tvarovaný, zdobení sváteční - MIX	Trvanlivé pečivo perníky	Penam a.s.	CZ
51	Pomazánka z tresky a' la losos		Rybex CZ, a.s.	CZ
52	Pražené mandle		Zdeněk Jukl, Praha	CZ
53	Puding	Jahodová příchuť	Amylana s.r.o.	CZ
54	Puding	Jahodová příchuť	Dr.Oetker s.r.o.	CZ
55	Puding	Vanilkovo-smetanová příchuť	Dr.Oetker s.r.o.	SK
56	Puding Originál	Vanilková příchuť	Dr.Oetker s.r.o.	SK
57	Puding v prášku	Vanilková příchuť	Amylon a.s.	CZ
58	Puding	Vanilla	Food Care	Polsko
59	Rockstar punched	Energy + guava	Rockstar Inc.	EU
60	Ruské vejce	Lahůdkářský výrobek	Výroba lahůdek, Radek Vavřík	CZ
61	Sirup zahradní směs		Podorlická sodovkárna s.r.o.	CZ
62	Skittles Crazy Sours	Žvýkáci bonbóny v křupavé cukrové krustě	Wrigley, s.r.o.	Polsko
63	Skittles Fruits	Žvýkáci bonbóny v křupavé cukrové krustě	Wrigley, s.r.o.	Polsko
64	Skittles Wild Berry Flavour	Žvýkáci bonbóny v křupavé cukrové krustě	Wrigley, s.r.o.	Polsko
65	Snack salami pepperoni		Pěkný-Unimex s.r.o.	CZ
66	Spaghetini sour	Želé cukrovinky (kysele, zelené špagety)	Lidl Stiftung & Co. KG	Německo
67	Squash	Girls only	GRANETTE & STAROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
68	Škvarková pomazánka	Lahůdkářský výrobek	Lahůdky Vavřík a spol., s.r.o., Citonice	CZ
69	Šumivé tablety	Vitamin C + železo. Příchuť červeného pomeranče	Dr. B. Scheffler GmbH, Bergisch Gladbach	Německo
70	Treska a' la losos	Jemné plátky	Nowaco Opava s.r.o.	Polsko
71	Trolli Magic horror	Želé cukrovinky - gumové bonbóny	Trolli	Německo
72	Uni sport Pink Grapefruit	Potravina určená pro zvláštní výživu. Pro sportovce.	NUTREND D.S., a.s.	CZ
73	Vaječný likér		Stock Plzeň, a.s.	CZ
74	Višňovka	Alkoholický nápoj	Mladé Vožice (Mefisto)	CZ
75	VITACIT jahoda	Neperlivý nápoj v prášku s příchutí jahod	JH - Jiří Holzern s.r.o. CZ	CZ

76	Vitakrone Alaska Pollack	Plátky tresky v jemném rostlinném oleji na způsob lososa	Lisner Feinkost GmbH	Německo
77	Wasabi coated green peas	Wasabi hrášek	Lily Industry CO., LTD.	Thajsko
78	Winterfresh Green ICE	Žvýkačka bez cukru s mátovou a mentolovou příchutí se sladidly	Wrigley,s.r.o.	Polsko
79	Závitky a' la losos s feronkou		ATLANTIK PRO- DUKT, Třešňák s.r.o.	CZ

3 barviva

	Název	Popis	Výrobce	Stát
80	Airwaves classic	Žvýkačka bez cukru	Wrigley s.r.o.	Polsko
81	Airwaves green mint	Žvýkačka bez cukru s mentolovou a mátovou příchutí se sladidly	Wrigley Poland s.p.	Polsko
82	Albert Quality sirup	Příchuť - černý rybíz	Neli a.s.	CZ
83	Boneco hořčice plnotučná		ALIMA značková potravinářská a.s.	CZ
84	Campari Milano	Hořký bylinný likér, 25 % alkoholu	Gruppo Campari Headquarters	Itálie
85	CBA sirup	Kiwi	Neli a.s., Vyškov	CZ
86	Citron a limetový topping Prima	Mražený krém s rostlinným tukem s citrónovou příchutí a limetovým toppingem	Nowaco Opava s.r.o.	CZ
87	Cukrářské zdobení choco		Carla spol. s r.o.	CZ
88	Čínská směs	Cukrovinka	Carla spol. s r.o.	CZ
89	Exotik mix	Směs proslazeného a sušeného ovoce	IBK Trade	CZ
90	Fruttco	Tropical	Surya International	Indie
91	Hořčice plnotučná		ALIMA značková potravinářská a.s.	CZ
92	Jahodový sorbet	Zmrzlina jahodová	Petr Hromádka, Osek	CZ
93	Jimmy light	S příchutí višně	NATURAL PACK group s.r.o.	CZ
94	Kandované ovoce		Nestlé Česko s.r.o	CZ
95	Lízátková úleva guava jablko	Antistresová lízátko. Příchuť guava a jablko	VitaHarmony s.r.o., Brno	CZ
96	Marcipánová plastelína	Marcipánové tyčinky na výrobu figurek	Kovandovi s.r.o.	CZ
97	Nápojový koncentrát	Lesní směs	VESETA spol. s r.o.	CZ
98	Neli	Kiwi	Neli, a.s.	CZ
99	Nicolaus	Příchuť - Strawberry	St. Nicolaus-trade, a.s.	SK
100	Olé	Multivitamin	Fontea a.s.	CZ

101	Perníkové srdce		Martin ROTH - fa ROSTR-MA	CZ
102	Punč		LIHO - Blanice spol. s.r.o.	CZ
103	Royal	Vaječný krém	GRANETTE & STA- ROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
104	Sinupo Forte	Doplňěk stravy	UROCONT s.r.o.	CZ
105	Sirup černý rybíz		Neli a.s.	CZ
106	Snack s příchutí uzená šunka		Alika a.s.	CZ
107	Squash	Příchuť - kyselá višeň	GRANETTE & STA- ROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
108	Squash	Příchuť - zelené jablko	GRANETTE & STA- ROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
109	Squash	Příchuť - trpká švestka	GRANETTE & STA- ROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
110	Tang	Nápoj v prášku s broskvovou příchutí, s cukrem a sladidly	Podravka - Lagris a.s.	CZ
111	Trojbarevný kokos		Kovandovi s.r.o.	CZ
112	Vaječný likér		GRANETTE & STA- ROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
113	Vaječný likér Fruko Schulz		Fruko-Schulz s.r.o.	CZ
114	Vánočka sypaná		Pekárna Jaromír Čavr- noch - Slatiňany	CZ
115	Vitamin C 500		AMINOSTAR s.r.o.	CZ
116	Vitamin C Blutorange	Šumivé tablety, Acidum ascorbicum	Dr. B. Scheffler GmbH, Bergisch Gladbach	Německo
117	Želé kostlivci	Želé s příchutí citrónu, jahody a pomeranče	Wrigley s.r.o.	Turecko

4 barviva

	Název	Popis	Výrobce	Stát
118	Ananas plátek mix	Směs zpracovaného ovoce jednodruhového	IBK Trade	Thajsko
119	Ananasový mls	Proslazený ananas s příchutí jahody, manga a zeleného jablka	Druid CZ s.r.o.	CZ
120	Decor zdobení - du- hové kuličky		Dr. Oetker s.r.o.	Maďarsko
121	Deli - čokoládová	Tyčinka s karamellem máčená v hořké čoko- ládě	Nestlé Česko s.r.o.	CZ

122	Drcená treska a' la losos		KORaDO, v.o.s.	CZ
123	Fruit Drops	Drops s ovocnou příchutí	Taveners	Polsko
124	Kokosový suk barevný	Cukrářský výrobek	SWEETS ML s.r.o.	CZ
125	Kozí zmrzka jahoda		Kozí farma Licibořice - ŠTĚPÁNEK A ČERNILOVÁ	CZ
126	Kukuřičné křupky ovocné mix	Extrudovaný výrobek přírodně bezlepkový	Krzyżanek Petr DARVIT	Polsko
127	Pražená rýže	S příchutí ovocnou mix	Krzyżanek Petr DARVIT	Polsko
128	Puding	Karamelová příchutí	Dr.Oetker, spol. s r.o.	SK
129	Punčový řez kazeta		Smetanová cukrárna a.s.	CZ
130	Sirup s příchutí černých ribezlí	Nízkoenergetický nápojový koncentrát s příchutí černý rybíz se sladidly	Lunaco s.r.o.	SK
131	Squash	Příchutí - jahoda	GRANETTE & STAROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ

5 barviv

	Název	Popis	Výrobce	Stát
132	Ananas kostky mix	Proslazené ovoce jednodruhové	IBK Trade	Thajsko
133	Bunte Zuckerstreusel	Barevný cukrový posyp - cukrovinka	RUF	Německo
134	Cukrářské zdobené barevné		Carla spol. s r. o.	CZ
135	Indiánek	Cukrářský výrobek s náplní bílkovou. Balení - 4 kusy	Smetanová cukrárna a.s.	CZ
136	Lízátka	Směs roksy lízátek s ovocnými příchutěmi	Jiří Šašínska - HORS	CZ
137	Medové pečivo	Jemné pečivo z chemicky kypřeného cesta	Elena Valachovičová, Holíč	SK
138	Modelovací hmota	Nečokoládová cukrovinka	Jan Hejný	CZ
139	Ovocné tvarohové řezy	Cukrářský výrobek s náplní	Diam, s.r.o.	CZ
140	Ovocné želé v cukru		Haribo-Holding GmbH & Co. KG	Polsko
141	Squash	Příchutí - černý rybíz	GRANETTE & STAROREŽNÁ Distilleries a.s.	CZ
142	Zdobení pestré		Dr.Oetker, spol. s r.o.	Polsko

6 barviv

	Název	Popis	Výrobce	Stát
143	Cukrové kuličky směs		Richard Fagoš, Čelechovice n. H.	CZ
144	Perník figurka	Pekařský výrobek	Jiří Ištok, Olomouc	CZ
145	Perníková chaloupka		Martin ROTH - fa ROSTR-MA	CZ

7 barviv

	Název	Popis	Výrobce	Stát
146	Perník	Trvanlivé pečivo - perník. Ruční výroba	Pavel Hejhal, Počepice	CZ
147	Perník Tatínkovi	Stádlecký perník	Martin ROTH - fa ROSTR-MA	CZ
148	Stádlecký perník		Martin ROTH - fa ROSTR-MA	CZ
149	Trvanlivé pečivo - PERNÍK		Richard Fagoš, Čelechovice n. H.	CZ
150	Zdobení cukrářské	Barevný máček cukrový	Pěkný - Unimex s.r.o.	CZ

Příloha B Sledované výrobky - zastoupení barviv

2 barviva

	Název	E102	E104	E110	E122	E124	E129	E131	E132	E133	E151
1	Absinth	+								+	
2	Activity drink red orange		+				+				
3	Albert Quality sirup				+	+					
4	Amundsen				+					+	
5	Barva na poživatiny	+								+	
6	Barva pro použití v potravinách				+	+					
7	Benátová tyčinka								+	+	
8	Benátová tyčinka								+	+	
9	Berentzen				+		+				
10	Bohdanečský bylinný likér				+						+
11	Carnosnack blueberry				+					+	
12	CBA sirup				+					+	
13	Clara koncentrát				+					+	
14	Černý kaviár z capelin			+							+
15	Deli		+						+		
16	Dort Kuba				+	+					
17	Dort Sacher				+	+					
18	Dortové želé				+	+					
19	Doxy Roksy fruits								+	+	
20	Doxy fruits								+	+	
21	Duhové perličky					+		+			
22	Fialky					+			+		
23	Fruttco	+		+							

24	Haribo Chalmallows							+			+
25	Hořčice plnotučná	+		+							
26	Hořčice plnotučná	+		+							
27	Hořčice plnotučná Malva	+		+							
28	Chilli omáčka			+	+						
29	Jablko Kalabria		+							+	
30	Jelzin cherry				+	+					
31	Jelzin black liqueur				+						
32	Jelzin power gold	+		+							
33	Juice Blast Mentos	+								+	
34	Kamikaze				+					+	
35	Klokánky		+							+	
36	Lipo Bepisky		+	+							
37	Lízátko			+					+		
38	Lízátko se žvýkačkou	+					+				
39	Lupeto snack				+	+					
40	Magic Horror							+			+
41	Matjesové závitky a' la uzený losos			+		+					
42	Matjesy v oleji			+		+					
43	Mentolky		+							+	
44	Nicolaus		+			+					
45	Orbit Complete						+			+	
46	Ovocné želé			+	+						
47	Pegas Pistachio Prima		+						+		
48	Pepermint	+								+	
49	Peprmintový liqueur	+							+		

50	Perník tvarovaný, zdobený sváteční - MIX	+								+	
51	Pomazánka z tresky a' la losos			+		+					
52	Pražené mandle			+		+					
53	Puding			+	+						
54	Puding			+	+						
55	Puding		+	+							
56	Puding Originál		+	+							
57	Puding v prášku	+				+					
58	Puding		+	+							
59	Rockstar punched			+			+				
60	Ruské vejce	+		+							
61	Sirup zahradní směs				+	+					
62	Skittles Crazy Sours								+	+	
63	Skittles Fruits								+	+	
64	Skittles Wild Berry Flavour								+	+	
65	Snack salami pepperoni				+						+
66	Spaghetini sour	+								+	
67	Squash			+	+						
68	Škvarková pomazánka	+		+							
69	Šumivé tablety			+		+					
70	Treska a' la losos			+		+					
71	Trolli Magic horror							+			+
72	Uni sport Pink Grapefruit			+		+					
73	Vaječný líkér	+		+							
74	Višňovka			+	+						

75	VITACIT jahoda			+		+					
76	Vitakrone Alaska Pollack			+		+					
77	Wasabi coated green peas	+								+	
78	Winterfresh Green ICE	+								+	
79	Závitky a' losos s feferonkou			+		+					

3 barviva

	Název	E102	E104	E110	E122	E124	E129	E131	E132	E133	E151
80	Airwaves classic						+		+	+	
81	Airwaves green mint		+					+		+	
82	Albert Quality sirup				+	+				+	
83	Boneco hořčice plnotučná	+		+		+					
84	Campari Milano	+			+					+	
85	CBA sirup		+	+						+	
86	Citron a limetový topping Prima		+	+						+	
87	Cukrářské zdobení choco			+		+			+		
88	Čínská směs			+		+			+		
89	Exotik mix	+		+						+	
90	Fruttco	+		+	+						
91	Hořčice plnotučná	+		+		+					
92	Jahodový sorbet		+		+	+					
93	Jimmy light				+	+			+		
94	Kandované ovoce	+					+			+	
95	Lízátková úleva guava jablko		+			+			+		
96	Marcipánová plastelína	+				+				+	

97	Nápojový koncentrát				+	+		+			
98	Neli		+	+						+	
99	Nicolaus	+		+	+						
100	Olé	+		+	+						
101	Perníkové srdce	+				+				+	
102	Punč			+	+	+					
103	Royal	+		+		+					
104	Sinupo Forte		+	+						+	
105	Sirup černý rybíz				+	+				+	
106	Snack s příchutí uzená šunka	+				+					+
107	Squash			+	+	+					
108	Squash	+		+						+	
109	Squash			+	+	+					
110	Tang	+		+			+				
111	Trojbarevný kokos	+				+				+	
112	Vaječný likér	+		+		+					
113	Vaječný likér Fruko Schulz	+		+		+					
114	Vánočka sypaná		+	+		+					
115	Vitamin C 500	+		+	+						
116	Vitamin C Blutorange			+	+				+		
117	Želé kostlivci	+		+			+				

4 barviva

	Název	E102	E104	E110	E122	E124	E129	E131	E132	E133	E151
118	Ananas plátek mix	+		+	+					+	
119	Ananasový mls	+		+		+				+	
120	Decor zdobení - duhové kuličky		+	+	+			+			
121	Deli - čokoládová		+				+		+		

122	Drcená treska a losos	+		+	+	+					
123	Fruit Drops	+		+			+		+		
124	Kokosový suk barevný	+		+	+	+					
125	Kozí zmrzka jahoda	+		+	+	+					
126	Kukuřičné křupky ovocné mix		+	+		+			+		
127	Pražená rýže		+	+		+			+		
128	Puding		+	+		+			+		
129	Punčový řez kazeta	+		+	+	+					
130	Sirup s příchutí černých ríbezlí			+	+	+					+
131	Squash	+		+	+	+					

5 barviv

	Název	E102	E104	E110	E122	E124	E129	E131	E132	E133	E151
132	Ananas kostky mix	+		+	+	+				+	
133	Bunte Zuckerstreusel		+	+			+		+	+	
134	Cukrářské zdobení barevné		+	+	+	+		+			
135	Indiánek	+	+		+	+		+			
136	Lízátka		+	+		+			+	+	
137	Medové pečivo		+	+		+			+	+	
138	Modelovací hmota	+		+		+			+	+	
139	Ovocné tvarohové řezy	+		+	+	+				+	
140	Ovocné želé v cukru		+	+	+		+			+	
141	Squash	+		+	+	+					+
142	Zdobení pestré		+	+		+	+	+			

6 barviv

	Název	E102	E104	E110	E122	E124	E129	E131	E132	E133	E151
143	Cukrové kuličky směs		+	+	+			+	+		+
144	Perník figurka	+		+	+	+			+		+
145	Perníková chaloupka	+			+	+			+	+	+

7 barviv

	Název	E102	E104	E110	E122	E124	E129	E131	E132	E133	E151
146	Perník	+		+	+	+			+	+	+
147	Perník Tatínkovi	+		+	+	+			+	+	+
148	Stádlecký perník	+		+	+	+			+	+	+
149	Trvanlivé pečivo - PERNÍK	+		+	+	+			+	+	+
150	Zdobení cukrářské		+	+	+	+		+	+		+

Příloha C Ukázka vyhodnocení pomocí programu MULA v Microsoft Excel

Multikomponentní analýza směsi barviv – vzor

Datum: 22.11.2014

Fruttco tropical

Hmotnost vzorku: 0,2037 g

Objem: 100,0 ml

	Tartrazin	Žluť SY	Azorubin	vzorek
nm	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	A_i
400	0,562	0,270	0,154	0,469
428	0,660	0,316	0,168	0,540
440	0,634	0,380	0,192	0,569
470	0,343	0,674	0,391	0,639
480	0,224	0,733	0,479	0,635
490	0,099	0,720	0,561	0,582
500	0,030	0,686	0,631	0,541
515	0,004	0,527	0,695	0,447
530	0,000	0,178	0,648	0,237

	Tartrazin	Žluť SY	Azorubin
nm	$\varepsilon_{i,1}$	$\varepsilon_{i,2}$	$\varepsilon_{i,3}$
400	35,094	16,863	9,606
428	41,225	19,763	10,500
440	39,631	23,750	11,981
470	21,419	42,125	24,438
480	13,988	45,819	29,944
490	6,181	44,975	35,075
500	1,869	42,875	39,438
515	0,219	32,913	43,438
530	0,000	11,119	40,525

koncentrace komponent

[g/l]	0,016	0,016	0,016
-------	-------	-------	-------

$(\varepsilon_{i,1})^2$	$(\varepsilon_{i,2})^2$	$(\varepsilon_{i,3})^2$	$\varepsilon_{i,1} \cdot \varepsilon_{i,2}$	$\varepsilon_{i,1} \cdot \varepsilon_{i,3}$	$\varepsilon_{i,2} \cdot \varepsilon_{i,3}$
1231,571	284,344	92,280	591,768	337,119	161,985
1699,501	390,556	110,250	814,709	432,863	207,506
1570,636	564,063	143,550	941,242	474,832	284,555
458,763	1774,516	597,191	902,265	523,421	1029,430
195,650	2099,358	896,628	640,890	418,838	1371,985
38,208	2022,751	1230,256	278,002	216,807	1577,498
3,492	1838,266	1555,316	80,123	73,699	1690,883
0,048	1083,233	1886,816	7,200	9,502	1429,637
0,000	123,627	1642,276	0,000	0,000	450,587
S_1	S_6	S_{11}	$S_2 = S_5$	$S_3 = S_9$	$S_7 = S_{10}$
5197,869	10180,712	8154,564	4256,198	2487,081	8204,066

$\varepsilon_{i,1} \cdot A_i$	$\varepsilon_{i,2} \cdot A_i$	$\varepsilon_{i,3} \cdot A_i$
16,441	7,900	4,501
22,266	10,674	5,671
22,546	13,511	6,816
13,695	26,935	15,625
8,879	29,086	19,008
3,595	26,157	20,400
1,011	23,187	21,328
0,098	14,699	19,399
0,000	2,631	9,588
S_4	S_8	S_{12}
88,531	154,779	122,336

$$\begin{array}{rcccccc}
S_1 \cdot c_1 & + & S_2 \cdot c_2 & + & S_3 \cdot c_3 & = & S_4 \\
S_5 \cdot c_1 & + & S_6 \cdot c_1 & + & S_7 \cdot c_1 & = & S_8 \\
S_9 \cdot c_1 & + & S_{10} \cdot c_1 & + & S_{11} \cdot c_1 & = & S_{12} \\
& & & & S \cdot C & = & B
\end{array}$$

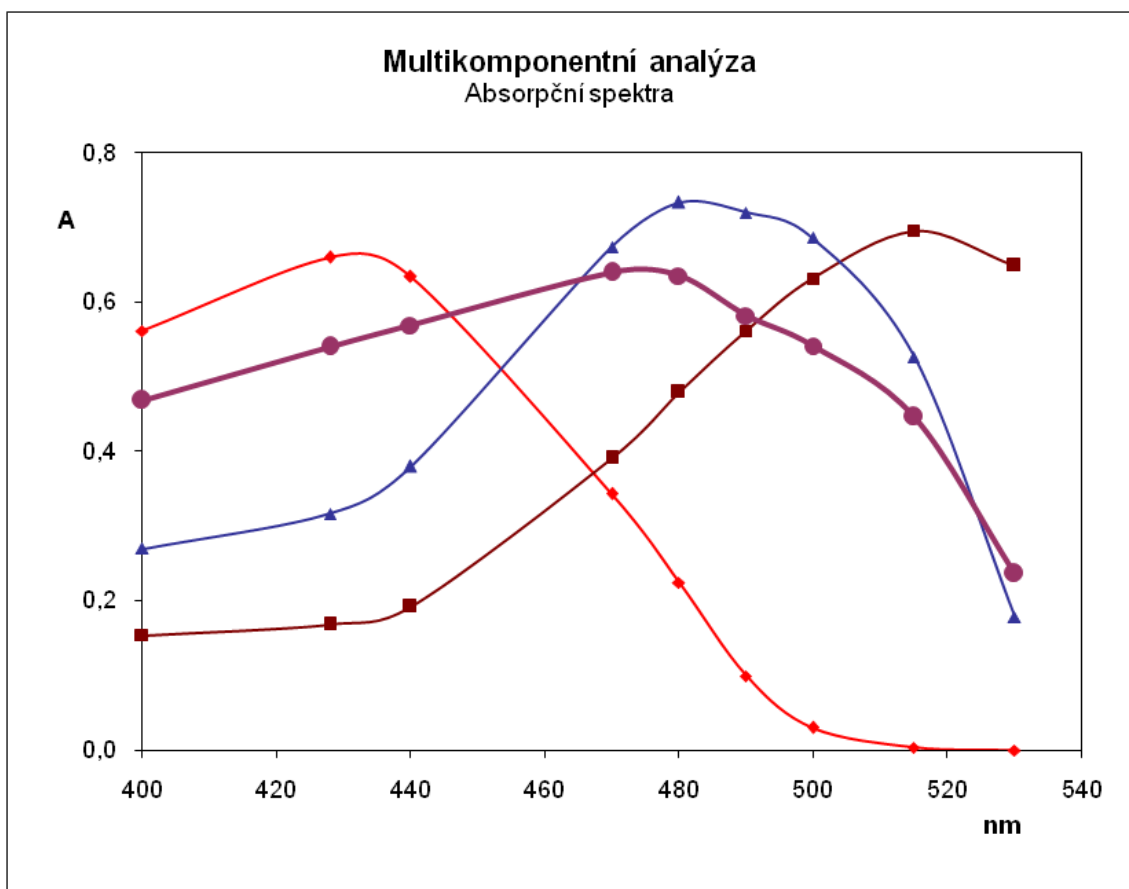
S			B
c_1	c_2	c_3	b
5197,869	4256,198	2487,081	= 88,531
4256,198	10180,712	8204,066	= 154,779
2487,081	8204,066	8154,564	= 122,336
C			= $S^{-1} \cdot B$

S^{-1}		
3,52E-04	-3,20E-04	2,15E-04
-3,20E-04	8,10E-04	-7,18E-04
2,15E-04	-7,18E-04	7,79E-04

Tartrazin: $c_1 = 0,0078667 \text{ g/l}$
Žluť SY: $c_2 = 0,0092909 \text{ g/l}$
Azorubin: $c_3 = 0,0032556 \text{ g/l}$

Koncentrace barviv ve vzorku:

Tartrazin $c_1 = \mathbf{3,862 \text{ mg/g}}$
Žluť SY: $c_2 = \mathbf{4,561 \text{ mg/g}}$
Azorubin: $c_3 = \mathbf{1,598 \text{ mg/g}}$



Obrázek C.1: Multikomponentní analýza - Absorpční spektra (♦ tartrazin, ▲ žluť SY, ■ azorubin, ● vzorek)