

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Učitelství chemie pro střední školy

Studijní obor: Učitelství chemie pro střední školy – Učitelství biologie pro střední školy



Bc. Vendula Škutová

Experimenty s červenými a žlutými barvivy ve výuce chemie

Experiments with red and yellow dyes in chemistry education

Typ závěrečné práce:

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Simona Petrželová, Ph.D.

Praha, 2024

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením školitelky RNDr. Simony Petrželové, Ph.D., a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

Bc. Vendula Škutová

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala své školitelce RNDr. Simoně Petrželové, Ph.D., za velmi empatický přístup (nejen) při vedení mé práce a cenné podněty a náměty k zamyšlení, díky nimž jsem se mohla učit novým věcem. Velký dík patří paní doktorce také za nadšení při konzultacích v laboratoři, a především za velké pochopení a lidský přístup při sepisování práce. Velmi si vážím veškerého času, který paní doktorka věnovala konzultacím této práce.

Na závěr, avšak ne naposledy bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za jejich bezmeznou podporu při studiu. Jsem vděčná za to, že Vás mám.

Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje červeným a žlutým barvivům extrahovaným z běžně dostupných potravin a nápojů či běžným chemikáliím a jejich využití ve výuce chemie. Použití barviv extrahovaných z potravin a nápojů může zatraktivnit výuku chemie a zdůraznit její propojení s běžným životem. Potravinářská barviva zvyšují atraktivitu produktu. Byl vypracován souhrn reaktivity vybraných červených a žlutých barviv a jejich známých pokusů. Reaktivita barviv byla ověřena experimentálně a byl pořízen fotografický přehled zachycující barevné změny způsobené přidavkem vybraných činidel.

Výsledky experimentů byly použity ve 4 pracovních listech pro žáky 7.–9. ročníku (*Proč se barví potraviny?*, *Jak změřit pH bez pH papírků?*, *Syntetická a přírodní barviva*, *Einsteinova hádanka s barvivy*), které spojuje téma barviv v potravinách. Tyto pracovní listy slouží jako podklad pro laboratorní práci. K pracovním listům je přiložena i metodika popisující materiální požadavky, propojení s RVP ZV a předpokládaný průběh výuky. Pracovní listy byly ověřeny ve výuce chemie žáky Gymnázia ALTIS a na základě zpětné vazby žáků byly upraveny do finální podoby a jsou součástí příloh této práce.

Klíčová slova

barviva v potravinách, chemický experiment, vzdělávací materiály

Abstract

This work focuses on red and yellow dyes obtained from available foods and beverages. Food colouring enhances the attractiveness of products. The use of food dyes extracted from common foods, beverages and chemicals can enhance the attractiveness of lessons and emphasize the connection of chemistry to everyday life. A list of reactions of some red and yellow dyes was created and some school experiments, using these dyes, are included in this list. Some reactions of red and yellow dyes were experimentally verified in the laboratory and photographs of the colour changes were taken.

Four teaching materials (worksheets) for grades 7 to 9 were created (*Proč se barví potraviny?*, *Jak změřit pH bez pH papírků?*, *Syntetická a přírodní barviva*, *Einsteinova hádanka s barvivy*) and their common topic is food colouring and dyes extracted from foods and drinks. These worksheets are used as tools for the pupils' work in the laboratory. There is also a methodological material for teachers which contains information about the materials needed to prepare, their relation to the curriculum documents of the Czech republic and the timing of the lesson. All four worksheets were tested in the classroom and improved based on pupils' feedback.

Key words

dyes in food, chemical experiment, didactic materials

Seznam použitých zkratk

SŠ	Střední škola
ZŠ	Základní škola
UV–VIS	ultraviolet–visible spectrum
RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle.....	10
3. Teoretická část	11
3.1. Červená barviva	12
3.1.1. Azorubin	12
3.1.2. Betanin	14
3.1.3. Červeň Allura AC	17
3.1.4. Erythrosin.....	18
3.1.5. Kyanidin.....	20
3.1.6. Kyselina karmínová	21
3.1.7. Ponceau 4R	23
3.2. Žlutá barviva	24
3.2.1. Hexakyanidoželezitan draselný	25
3.2.2. Chlorid železitý.....	26
3.2.3. Kurkumin.....	27
3.2.4. Lutein	30
3.2.5. Riboflavin	31
3.2.6. Tartrazin.....	33
4. Praktická část	35
4.1. Experimentální část.....	35
4.1.1. Příprava červených a žlutých roztoků.....	35
4.1.2. Acidobazické vlastnosti barviv	40
4.1.2. Reakce s chloridem zinečnatým a dihydrátem chloridu cínatého.....	42
4.1.3. Reakce s chlornanem sodným.....	44
4.1.4. Fluorescence vyvolaná UV	46
4.2. Didaktická část.....	48
4.2.1. Pracovní list Proč se barví potraviny?	48
4.2.2. Pracovní list Jak změřit pH bez pH papírků?	51
4.2.3. Pracovní list Syntetická a přírodní barviva.....	53
4.2.4. Pracovní list Einsteinova hádanka	56
4.2.5. Pilotáž pracovních listů.....	58
5. Diskuze	61
5.1. Diskuze teoretické části	61

5.2.	Diskuze praktické části	62
5.2.1.	Příprava červených a žlutých roztoků.....	62
5.2.2.	Acidobazické vlastnosti roztoků.....	63
5.2.3.	Reakce s chloridem zinečnatým a dihydrátem chloridu cínatého.....	66
5.2.4.	Reakce s chlornanem sodným.....	68
5.2.5.	Fluorescence vyvolaná UV	69
5.3.	Diskuze pracovních listů.....	71
5.3.1.	Komentář k pilotáži	71
6.	Závěr	74
7.	Použitá literatura	75
8.	Přílohy.....	82

1. Úvod

Experimenty mají ve výuce chemie nezastupitelné místo díky své názornosti a efektivitě. Mohou žákům poskytnout vysvětlení mnoha jevů, kterými jsou obklopeni v běžném životě, a především je zaujmout. Atraktivitu a propojení s každodenním životem může podpořit použití barevných látek obsažených v potravinách a nápojích oproti barvivům ve formě standardů. Použití barviva obsažená v běžných a snadno dostupných produktech může pomoci učitelům ušetřit peníze z rozpočtu ve srovnání s koupí standardů barviv o vysoké čistotě.

Tato práce navazuje na bakalářskou práci, v níž byly navrženy pracovní listy s modrými barvivy. Diplomová práce se věnuje zbývajícím dvěma základním barvám – červené a žluté. Z červených a žlutých barviv byla vybrána ta barviva, která jsou obsažena v potravinách či nápojích, aby byla zajištěna snadná dostupnost a propojení s běžným životem. Z těchto produktů byla extrahovaná červená a žlutá barviva – např. z růžové potahové vrstvy tablety *Ibalginu* bylo extrahováno červené fluoreskující barvivo erythrosin, nápoj *Fanta strawberry* obsahuje červené syntetické barvivo červeň Allura AC.

V rámci této práce byly vytvořeny 4 pracovní listy, které v sobě propojují témata z běžného života (např. proč se barví potraviny či náročná degradace syntetických barviv a jejich kumulace v odpadních vodách) s experimentováním s látkami obsažených v běžně dostupných potravinách.

2. Cíle

V rámci této diplomové práce byly stanoveny tyto cíle:

1. Literární rešerše reaktivity vybraných červených a žlutých barviv.
2. Literární rešerše závěrečných prací a odborných publikací, věnující se experimentům s vybranými červenými a žlutými barvivy.
3. Ověření a fotodokumentace experimentů s vybranými červenými a žlutými barvivy ve formě extraktů ze snadno dostupných produktů.
4. Vytvoření 4 pracovních listů pro ZŠ a odpovídající ročníky nižších gymnázií, které se věnují experimentům se snadno dostupnými barvivy a mají přesah do běžného života.
5. Ověření 4 pracovních listů a jejich úprava na základě zpětné vazby od žáků.

3. Teoretická část

Teoretická část je členěna na 3 kapitoly: *Syntetická a přírodní barviva*, *Červená barviva* a *Žlutá barviva*. Kapitola *Syntetická a přírodní barviva* se věnuje rozdílům mezi přírodními a syntetickými barvivy a problematické degradaci syntetických barviv. V kapitolách *Červená barviva* a *Žlutá barviva* jsou popsána snadno dostupná barviva, např. v produktu, který lze zakoupit v běžném obchodě, případně se jedná o chemikálii běžně používanou při laboratorní výuce. Kapitola *Červená barviva* a *Žlutá barviva* se každá člení na dvě podkapitoly – *Obecná charakteristika barviva* a *Experimenty s barvivem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře*.

Podkapitola *Obecná charakteristika barviva* se zaměřuje na strukturu barviva, jeho výskyt v potravinách a především na rešerši reaktivity látky, která je nosným pilířem pro vysvětlení chemických dějů uskutečněných v rámci praktické části. V druhé podkapitole *Experimenty s barvivem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře* jsou u každého barviva uvedeny závěrečné práce a odborné články zaměřené na uplatnění dané látky ve výuce. Rešerše absolventských prací slouží mimo jiné ke zmapování četnosti využití barviva v laboratorní výuce chemie a ke zmapování počtu pracovních listů, které se věnují experimentům s daným barvivem.

3.1. Syntetická a přírodní barviva

Barviva se dělí dle jejich původu na přírodní (syntetizovaná organismy) a syntetická (průmyslově vyráběné), přičemž syntetická barviva mají intenzivnější zbarvení než barviva přírodní. Dalším rozdílem mezi těmito barvivy je jejich stabilita. Syntetická barviva se používají v potravinářství, protože snášejí i kyselé či zásadité pH, jsou tepelně odolnější a neblednou působením slunečního záření. Naproti tomu přírodní barviva mohou být pH senzitivní, na světle dochází ke snižování intenzity barevného odstínu a nejsou tak tepelně odolná jako syntetická barviva. [1]

Vysoká odolnost syntetických barviv způsobuje problémy s jejich degradací, důsledkem čehož se kumulují ve vodním prostředí. Odstranění syntetických barviv z odpadních vod lze mnoha metodami – např. fotodegradací, adsorpcí, oxidací či srážením. Nevýhodou těchto metod jsou především vysoké náklady. [2]

3.2. Červená barviva

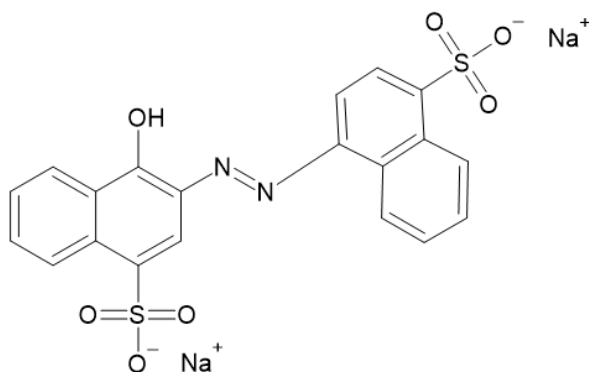
Červená barviva byla vybrána na základě snadné dostupnosti a barevného odstínu, který se u všech pohybuje od červeného do růžového. Jedná se o přírodní nebo syntetická barviva obsažená v produktech běžně dostupných v obchodě:

- **azorubin** – syntetické, např. v potravinářském barvivu *AROCO* červeň malinová,
- **betanin** – přírodní, např. v práškovém nápoji *Ovocé* s příchutí jahoda, malina,
- **červeň Allura AC** – syntetické, např. ve *Fantě strawberry*,
- **erythrosin** – syntetické, např. v povlaku tablety *Ibalginu*,
- **kyselina karmínová** – přírodní, např. v růžové gelové barvě *Dr. Oetker*,
- **kyanidin** – přírodní, např. v sušených červených květech ibišku,
- **Ponceau 4R** – syntetické, např. v alkoholickém nápoji *Jelzin* jahodový.

3.2.1. Azorubin

Obecná charakteristika azorubinu

Azorubin je syntetické barvivo řazené do skupiny azobarviv díky azoskupině ($-N=N-$). [1] Na aromatických jádrech spojených azoskupinou je navázána polární hydroxylová skupina a sulfonátové anionty, díky kterým je látka dobře rozpustná ve vodě (*Obr. 1*). Systém delokalizovaných π elektronů absorbuje elektromagnetické záření, přičemž absorpční maximum odpovídá vlnové délce o 516 nm. Díky tomu vnímáme zbarvení azorubinu jako intenzivně červené. [3]



Obr. 1 – struktura azorubinu



Obr. 2 - potravinářské barvivo AROCO

V potravinářství nese azorubin označení E122 a je používán pro svou stálou barvu a schopnost snášet výkyvy pH. [1] V České republice je azorubin povolen k barvení

potravin a nápojů a lze je zakoupit např. ve formě červeného práškového potravinářského barviva výrobce *AROCO* s označením „červeň malinová“ (*Obr. 2*).

Barvu si ponechává, i když je vystaven silně zásaditému nebo silně kyselému prostředí, což je výhoda oproti pH senzitivním přírodním barvivům (např. kyselině karmínové s označením E120). [4] Využívá se také jeho tepelná stabilita, v přítomnosti vzduchu snáší teploty do 150–175 °C, poté dochází k tepelnému rozkladu. [5]

Azobarviva, lze redukovat např. SnCl_2 (silné redukční činidlo použité v praktické části). Při redukci dochází ke vzniku bezbarvých produktů, což se projeví odbarvením roztoku. V potravinářství proto nelze azobarviva použít, pokud je ve výrobku přítomna například kyselina L-askorbová (E300) nebo oxid siřičitý (E220), což jsou konzervační látky s redukčními vlastnostmi. [1]

Experimenty s azorubinem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Azorubin se díky svému častému použití v potravinách objevoval v mnoha absolventských pracích, které se zaměřovaly na experimenty s barvivem ve výuce chemie. Vzhledem k sytě červené barvě této látky se většina prací zabývala chromatografickými metodami. Tenkovrstvá chromatografie sloužící k separaci jednotlivých složek směsi se objevuje v pracích *Využití chromatografie ve výuce chemie* [6], *Chemické mýty* [7] a *Potrava, přídatné látky a lidské zdraví v učivu chemie* [8].

V první zmíněné práci používá autorka chromatografii na filtračním papíře a tenkovrstvou chromatografii k identifikaci barviv obsažených v práškových barvách na vajíčka *OVO*. Autorka uvádí, že se jedná o syntetická barviva, která neblednou tak jako barviva přírodní, žáci si proto mohou chromatogramy uchovat po delší čas. Součástí práce nejsou pracovní listy. [6]

Absolventská práce *Chemické mýty* se mimo jiné zabývá problémem hyperaktivity u dětí v závislosti na konzumaci nápojů obsahujících syntetická barviva. V praktické části autorka představuje pokus, díky kterému lze rozpoznat barvivo přírodní od syntetického. Odmaštěná vlněná vlákna jsou obarvená vzorky potravin a během vyprání ve vodě se přírodní barviva vymývají, zatímco syntetická zůstávají. I zde autorka používá chromatografii k určení barviv obsažených v nápojích (*Fanta*, *Vitacit*) a potravinách (jahody ve sladkém nálevu, *M&M's*). Chromatogramy extraktů z potravin porovnávala

s chromatogramy standardů, za které zvolila potravinářská barviva AROCO. Součástí práce nejsou pracovní listy. [7]

Ve třetí zmíněné práci autorka vytvořila pracovní listy na laboratorní práci tenkovrstvé chromatografie s potravinářskými barvivy. Žáci mají po vypracování pracovního listu najít k syntetickým barvivům přírodní alternativu. Součástí práce jsou pracovní listy. [8]

Azorubin se spolu s dalšími barvivy objevuje i v experimentálně zaměřené práci *Využití fotometrie vy výuce chemie na všech stupních škol*. Autorka navrhuje pro základní školy experiment „nápojová duha“, jehož přípravná část souvisí se znalostmi z výtvarné výchovy. Žáci si ze tří základních barev (červená, žlutá a modrá) mají namíchat zbývající barvy duhy, které proměří na spektrofotometru. Součástí práce nejsou pracovní listy. [9]

Užití digitální fotografie a videa k chemické analýze je název práce, ve které autor představuje metodu analyzování fotografií průběhu chemických reakcí, ze kterých poté v počítačovém programu vyčte intenzitu zabarvení dané látky. Byla zkoumána chemická kinetika reakce, při níž dochází k odbarvení roztoku azorubinu roztokem *Sava* (chlornan sodný). Reakce byla natáčena na smartphone, po cca 16 minutách bylo možno pozorovat znatelné odbarvení, avšak ani po 35 minutách nedošlo k úplnému odbarvení roztoku azorubinu. Součástí práce nejsou pracovní listy. [10]

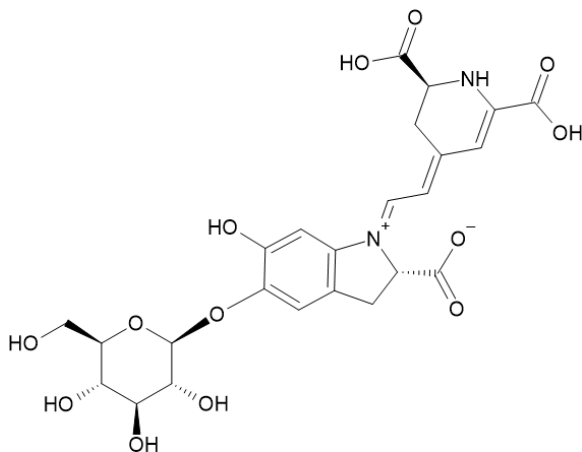
Použití azorubinu ve výuce popularizační formou navrhly dvě autorky závěrečných prací *Vzdělávací projekt na popularizaci chemie* [11] a *Chemické experimenty pro ekoškoly* [12]. Obě autorky popisují přípravu limonády z běžně dostupných surovin (jedlá soda, kyselina citronová, aroma) barvenou potravinářskými barvivy včetně azorubinu. První zmíněná práce neobsahuje pracovní listy, zatímco druhá ano. [11, 12]

3.2.2. Betanin

Obecná charakteristika betaninu

Betanin patří mezi betakyany, ve vodě dobře rozpustné látky obsahující chromofor odvozený od derivátu dihydropyridinu, navázaného na derivát indolu. Tento chromofor se přes derivát indolu váže glykosidickou vazbou na cukerný zbytek u většiny betakyanů. V případě betaninu (*Obr. 3*) je glykosidickou vazbou připojena beta-D-glukopyranosa. Betanin je pro svou intenzivní barvu používán v potravinářství pod označením E162 k barvení mléčných a masných výrobků nebo ke zvýšení atraktivity nealkoholických

nápojů. [1] V České republice je betanin povolen (kromě dětské výživy, do které nesmí být betanin přidáván kvůli možnému vyššímu obsahu dusičnanů v závislosti na zpracování), stejně tak v USA. [13] Pod označením E162 jej lze zakoupit například ve formě ovocného práškového nápoje *Ovocé* s příchutí malina a jahoda. (Obr. 4).



Obr. 3 – struktura betaninu



Obr. 4 – ovocný nápoj Ovocé

Velkou výhodou je použití betaninu v kyselém prostředí, ve kterém si uchovává svou barvu. [1] Při pH menším než 3,5 má betanin červenofialové zbarvení s absorpčním maximem 535 nm. V rozmezí pH 3,5–7 převládá fialová barva nad červenou kvůli deprotonaci fenolické skupiny. Při pH 9–10 dochází k deprotonaci dusíku v heterocyklu, což se projeví změnou barvy na fialovou. Při pH vyšším než 12 dochází k deprotonaci hydroxylových skupin cukerných zbytků, přičemž se barva mění na žlutohnědou. [14]

Betanin je méně stabilní, je fotosenzitivní a lze jej degradovat při vyšších teplotách za vzniku žlutých degradačních produktů, zejména neobetaninu. [15] Betanin má antioxidační účinky. Reakcí s oxidem siřičitým dochází k redukci betaninu za vzniku bezbarvých produktů. Odbarvení roztoku betaninu nastává také při expozici světla. [1] Reakcí s chlormanem sodným dochází k přerušení glykosidické vazby a chloraci aglykonu, což se projeví vznikem bezbarvého produktu. [16]

Přírodním zdrojem betalainů (mezi které se řadí červené betakyaniny a žluté betaxanthiny) je červená řepa, která obsahuje směs betakyaninů, avšak nejvíce je ve složení zastoupen právě betanin (okolo 75–95 % v závislosti na odrůdě). Betanin však lze nalézt také v červených plodech kaktusu rodu *Opuntia*. [1]

Experimenty s betaninem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Všechny čtyři zde uvedené absolventské práce se zabývají pH senzitivitou betaninu. Práce *Výuka chemie na SŠ – experimentální část, návrhy experimentů vhodných pro výuku na SŠ* obsahuje aktualizované experimenty s lentilkami *Orion* – barveno přírodou. Tyto lentilky jsou barveny extrakty z přírodnin, mezi nimiž je i betanin z řepy. Žáci získají vodné extrakty barviv z povrchu lentilky a následně pozorují případné barevné změny v různém pH. Žáci také připravují extrakty z přírodnin a cílem žákovských experimentů je určit složení barev na základě porovnání reaktivity extraktů z přírodnin a barev z lentilek. Součástí práce jsou i pracovní listy pro žáky, včetně metodiky. [17] Práce *Alternativní koncepce výuky a jejich přínos ve výuce chemie* se také zabývá pH senzitivitou extraktu z řepy obecné. V rámci práce autor popisuje přípravu acidobazického indikátoru z extraktu řepy. Součástí práce je i pracovní list s metodickou příručkou. [18] Další prací, která zmiňuje využití řepného extraktu jako acidobazického indikátoru, je dizertační práce *Vzdělávání žáků v chemii prostřednictvím jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí*, která se zaměřuje na chemické experimenty s přírodními látkami, součástí práce nejsou pracovní listy. [19] V rámci práce *Chemické experimenty pro SŠ – chromatografie s přírodními látkami* autorka popisuje využití betaninu jako acidobazického indikátoru a v rámci jednoho ze 4 pracovních listů žáci určují barvivo vyskytující se v bulvě řepy. [20]

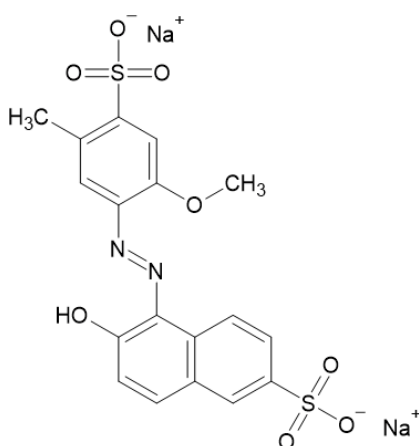
Dalším možným uplatněním betaninu ve výuce může být příklad sledování kinetiky chemické reakce, při níž dochází k tepelné degradaci betaninu za různých teplot. Autoři článku *Kinetics of Thermal-Degradation of Betanins: A Teaching Mini-Project for Undergraduates Employing the Red Beet* navrhli čtyři lekce v rámci vysokoškolského laboratorního cvičení z fyzikální chemie, v rámci nějž si studenti připraví řepný extrakt, provedou zahřívání na vodní lázni na 60 °C, 70 °C a 80 °C a roztok v průběhu degradace několikrát proměří na UV-VIS spektrofotometru. Výsledná data poté zpracují. [21]

Ve studii *Photostability of organic red food dyes* byl proveden experiment, v rámci nějž byla zkoumána tři červená barviva – kyselina karmínová, Červeň Allura AC a betanin v prostředí, které mělo simulovat slazený nápoj. Autoři zkoumali vliv UV světla na blednutí roztoků těchto tří barviv. Betanin se ze všech tří barviv ukázal jako nejméně vhodné barvivo do nápojů z hlediska stability, protože vykazoval nejrychlejší degradaci – již po jedné hodině došlo k úplnému odbarvení. [22]

3.2.3. Červeň Allura AC

Obecná charakteristika červeně Allury AC

Červeň Allura AC je červené azobarvivo s absorpčním maximem okolo 504 nm. Toto barvivo je dostupné jako tmavě červený prášek. Po rozpuštění ve vodě, ve které je velmi dobře rozpustné, tvoří intenzivně zbarvené roztoky. Molekula červeně Allury AC sestává z aromatických jader propojených azoskupinou. Aromatická jádra nesou převážně polární hydroxylové a iontové sulfonátové skupiny. (Obr. 5) Při tepelném rozkladu barviva může docházet k uvolňování toxických výparů. [23]



Obr. 5 – struktura červeně Allury AC



Obr. 6 – Fanta strawberry

Při změně pH nedochází k výrazným barevným změnám barviva. Nevratná degradace červeně Allury AC nastává při pH vyšším než 13. [24] Intenzita zbarvení barviva klesá při reakci s chlornanem sodným. Při dostatečné koncentraci chlornanu sodného je odbarvení roztoku pozorovatelné v řádu sekund. [25] Červeň Allura AC je také fotosenzibilní, což se projevuje odbarvením roztoku při působení UV světla. [22]

Červeň Allura AC se nachází v řadě potravin pod označením E129. Používá se k barvení salámů, moučníků, sirupů a léků. Bez dalších doprovodných barviv jej můžeme zakoupit např. v nápoji *Fanta strawberry* (Obr. 6). [26]

Experimenty s červení Allurou AC ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Během období pandemie covid bylo v rámci článku *Turmeric and RGB Analysis: A Low-Cost Experiment for Teaching Acid–Base Equilibria at Home* navrženo pět

experimentů snadno uskutečnitelných v domácím prostředí. V rámci těchto experimentů bylo využito poznatku, že červeň Allura AC zhasí fluorescenci rhodaminu B – látky dostupné z náplně růžových zvýrazňovačů. Fluorescence rhodaminu B a zhasení způsobené červení Allurou AC lze pozorovat po ozáření zeleným laserovým ukazovátkem. Druhým experimentem s červení Allurou AC je ukázka Brownova pohybu ve vodě různé teploty. Po přidání kapky potravinářského barviva mohou žáci pozorovat rychlejší difúzi roztoku s horkou vodou. Další možností využití červene Allury AC je stanovení koncentrace v nápoji barveném tímto barvivem za pomoci kalibrační přímky, přičemž vyhodnocení absorbance je provedeno pomocí mobilního telefonu. Jako další experiment je zmíněna sloupcová chromatografie grapefruitového nápoje, v rámci níž dojde k separaci modrého a červeného potravinářského barviva. [27]

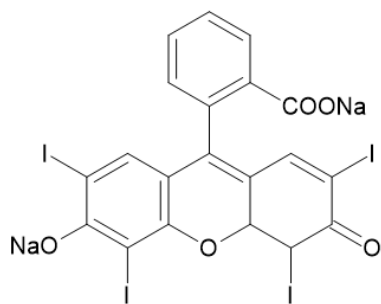
Autoři článku *Setting Up an Educational Column Chromatography Experiment from Home* také navrhnou sloupcovou chromatografii se škrobem jako stacionární fází umístěnou v injekční stříkačce a s ethanolem jako s mobilní fází. Studenti si mohli zvolit vlastní vzorky k analýze a část studentů pracovala i s potravinami, které obsahovaly červeň Alluru AC. [28]

V rámci domácí výuky navrhli autoři článku *Chemical Kinetics at Home in Times of Pandemic: Following the Bleaching of Food Dye Allura Red Using a Smartphone* experiment odbarvování červene Allury AC chlornanem sodným a průběh experimentu je zaznamenán optickým senzorem mobilního telefonu. [29]

3.2.4. Erythrosin

Obecná charakteristika erythrosinu

Erythrosin je derivát fluoresceinu, konkrétně se jedná o disodnou sůl 2,4,5,7-tetraiodfluoresceinu (*Obr. 7*). Na fluorescein sloužící jako fluorofor jsou navázány 4 atomy jodu. Součástí fluoresceinu jsou polární hydroxylové skupiny, díky kterým je dobře rozpustný ve vodě. Ve vodném roztoku má červené zbarvení a jeho absorpční maximum odpovídá 526 nm. [30]



Obr. 7 – struktura erythrosinu



Obr. 8 – Ibalgin

Používá se jako potravinářské barvivo pod označením E127. [31] Erythrosin je látka mající charakteristické růžové zbarvení potahovaných tablet *Ibalginu* (Obr. 8). [32] Erythrosin má využití také v mikroskopické technice, slouží jako kontrastní barvivo k zobrazování některých pojivových tkání, proteinů a dalších struktur. [33] Erythrosin se také využívá k vitálnímu barvení bakterií, červeně se barví mrtvé buňky s narušenou membránou, čímž se odliší od buněk živých. Ve srovnání s dalšími histologickými barvivy je erythrosin levnější. [34] V silně kyselém prostředí dochází k odbarvení erythrosinu. [35] Jedná se o látku, která fluoreskuje, využívá se jako fluorescenční indikátor – interval přechodu je při pH 3–4. Pod pH 3 erythrosin nevykazuje fluorescenci, nad pH 4 lze pozorovat modrozelenou fluorescenci. [36] Reakcí s chlornanem sodným dochází k odbarvení roztoku erythrosinu. [37]

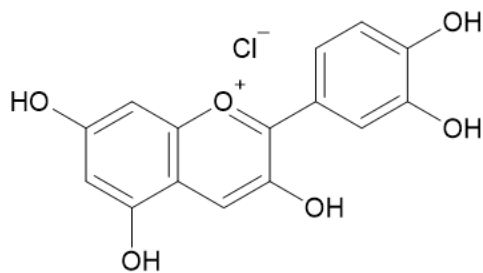
Experimenty s erythrosinem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Článek *An Inexpensive Kinetic Study: The Reaction of FD&C Red #3 (Erythrosin B) with Hypochlorite* se věnuje experimentu vhodnému k názorné ukázce chemické kinetiky. Jedná se o reakci erythrosinu s chlornanem sodným, který oxidací erythrosinu způsobí jeho odbarvení. Studenti mohou zjišťovat vliv koncentrace reaktantů na průběh chemické reakce. [37] Erythrosin byl zmíněn také v článku *Safety Tips – the Use of Erythrosin-B in Undergraduate Spectrophotometry Experiments* jako vhodná chemikálie pro spektrofotometrické experimenty vysokoškolských studentů. V rámci pokusu se vysokoškolští studenti mohou seznámit s ředěním roztoků a přípravou roztoků o určité koncentraci. [38]

3.2.5. Kyanidin

Obecná charakteristika kyanidinu

Kyanidin je červenofialově zbarvená sloučenina spadající pod anthokyany, což jsou ve vodě rozpustné barevné látky se substituovaným flavyliovým kationtem. Kyanidin má na flavyliovém jádře navázány hydroxylové skupiny (Obr. 9). V rostlinách se vyskytuje ve formě glykosidů a ve formě soli. Společně s modře zbarveným delphinidinem se vyskytuje v ovoci (např. v černém rybízu) či květech (např. květy ibišku, které mají 15 g/kg v sušině (Obr. 10)). [1]



Obr. 9 – struktura kyanidinu



Obr. 10 – květy ibišku *Oxalis*

Kyanidin je pH senzitivní sloučenina, která má v kyselém prostředí červenou barvu, v mírně zásaditém fialovou barvu a v alkalickém prostředí modré zbarvení. Tyto barevné změny doprovází protonaci a deprotonaci molekuly kyanidinu, což ovlivní absorpční maximum. Barevnost je dána nejen pH prostředí, ale také přítomností iontů kovů, se kterými kyanidin vytváří komplexy. [14] Kyanidin může s cínatými kationty tvořit komplexy, které mají fialové zbarvení. [1] Absorpční maximum kyanidinu je 516 nm. [39] Nejintenzivnější zbarvení mají při pH menším než 3,5. Jsou tedy nejvhodnější k barvení kyselých potravin a nápojů. [1] Anthokyany jsou velmi silné antioxidační látky, které vychytávají reaktivní formy kyslíku, např. superoxidové radikály a hydroxylové radikály. Anthokyany reagují také s peroxidem vodíku či chlornanem sodným, který způsobí jejich oxidaci za vzniku bezbarvých produktů. [40] Působením oxidu siřičitého nebo kyseliny L-askorbové vznikají bezbarvé produkty. Vůči působení UV–VIS je kyanidin nestabilní. [1]

Experimenty s kyanidinem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

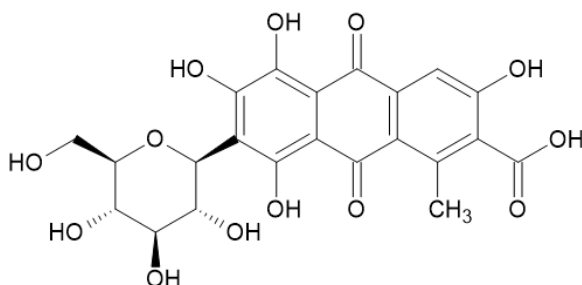
V experimentální výuce se kyanidin využívá především jako přírodní pH indikátor obsažený v čaji z červených květů ibišku. Tato reaktivita je relativně známá a obsažena v mnoha publikacích, příkladem může být publikace *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*, ve které autorky představují kromě pH senzitivity kyanidinu také jeho reakci s železitými ionty, které slouží jako nespecifické důkazové činidlo fenolů. [41]

Ze závěrečných prací může být příkladem práce *Experimentální výuka organické chemie se zaměřením na vzdělávání*, v rámci níž autorka navrhla pracovní listy věnující se barevné změnám přírodních látek v závislosti na pH, s kyanidinem žáci pracují při experimentování s ibiškovým čajem. [42]

3.2.6. Kyselina karmínová

Obecná charakteristika kyseliny karmínové

Kyselina karmínová je červené barvivo spadající pod skupinu antrachinonových barviv díky svému derivovanému antrachinonovému jádru, na kterém je C-glykosidickou vazbou navázána beta-D-glukopyranosa (Obr. 11). Kyselina karmínová je barvivo živočišného původu a extrahuje se z látky nazývané košenila získávané ze samiček hmyzu červce nopálového (*Dactylopius coccus*), živícího se parazitickým způsobem na některých druzích kaktusů. Kyselina karmínová je ve vodě dobře rozpustná a pH senzitivní látka, červenou barvu si uchovává při mírně kyselém pH 5,5, zatímco při hodnotě pH nižší než 3 se barva mění na oranžovou. Při neutrálním pH je barva purpurová. [1]



Obr. 11 – struktura kyseliny karmínové

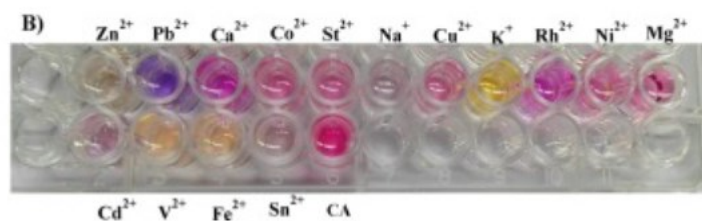


Obr. 12 – malinový puding Dr. Oetker

Kyselina karmínová se používá jako přídatná látka do aperitivů, masných a cukrářských výrobků, džemů a mléčných výrobků. [1] Pod označením E120 můžeme kyselinu karmínovou najít např. v malinovém pudingu značky *Dr. Oetker*. (Obr. 12)

V potravinářském průmyslu se však velmi často zaměňují pojmy košenila, kyselina karmínová a karmín (hlinitý lak kyseliny karmínové), což znesnadňuje zkoumání i regulaci těchto látek. [43] Ostatně i webová stránka www.ferpotravina.cz pojednávající o E120 uvádí, že pod tímto označením najdeme jak kyselinu karmínovou, tak karmín samotný. [44] Dalším problémem mohou být i odlišné podmínky chovu červců nopálových, jejichž barvivo má variabilní kvalitu v závislosti na klimatologických a geochemických podmínkách. [43]

Karmín našel své využití také v histochemických metodách, protože směsi karmínu s dalšími látkami specificky barví glykogen, chromozomy či mucin. [43] Absorpční maximum kyseliny karmínové je 492 nm. Kyselina karmínová reaguje s hlinitými ionty za vzniku karmínu, což je látka tvořená dvěma molekulami kyseliny karmínové, které jsou vázané koordinační vazbou přes hlinité ionty. Koordinační vazby se v kyselině karmínové účastní sousedící ketoskupina a hydroxylová skupina. Obdobně může kyselina karmínová reagovat i s dalšími ionty, např. s železnatými či cínatými. [43] Barevnou změnu poskytuje také reakce kyseliny karmínové s olovnatými ionty, případně s dalšími ionty kovů (Obr. 13). [45]



Obr. 13 – reakce kyseliny karmínové s vybranými ionty [45]

Experimenty s kyselinou karmínovou ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Práce *Experimentální výuka organické chemie se zaměřením na vzdělávání* obsahuje studijní materiály, které se zaměřují na pH senzitivní barviva lentilek. Lentilky výrobce *Nestlé Orion* – bez umělých barviv obsahují červenou lentilku barvenou kyselinou karmínovou stejně jako lentilky *M&M's* od výrobce *Mars, Inc*. Barviva jsou vystaveny

různému pH a žáci mají barevné změny zaznamenat. [42] Tato práce však již bohužel není aktuální vzhledem k pozměněnému složení lentilek.

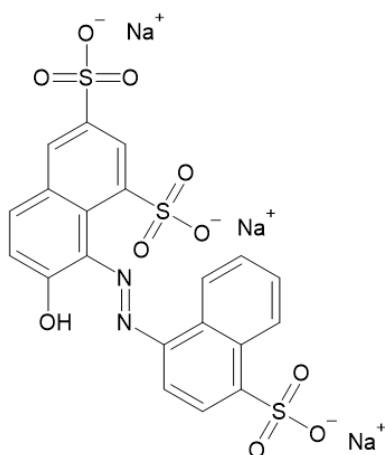
Karmín má využití také ve výuce biologie, v absolventské práci *Praktické úlohy z biologie jednobuněčných organismů (Protista) pro základní školy s důrazem na využití barvicích technik* autorka používá karmín ke specifickému vitálnímu barvení potravních vakuol trepky velké (*Paramecium caudatum*), případně jde barvením zvýraznit makronukleus. V rámci práce byly vytvořeny také pracovní listy. [46]

Technika barvení karmínem byla využita i v práci *Paraziti a jejich preparace pro školní využití*. Autorka připravila směs boraxu s karmínem, kterou obarvila škrkavky, motolice, tasemnice, buchanky a některé roztoče. Součástí práce nejsou pracovní listy. [47]

3.2.7. Ponceau 4R

Obecná charakteristika Ponceau 4R

Ponceau 4R je červené syntetické azobarvivo, známé také pod označením košenilová červeň A. Absorpčního maxima dosahuje při vlnové délce 510 nm díky konjugovanému systému násobných vazeb, v rámci něhož jsou dvě aromatické skupiny se substituenty propojeny azoskupinou (Obr. 14). Svou barvu si uchovává takřka v celém rozsahu pH stupnice, v rozmezí pH odpovídajícím hodnotám 1–13 má stále červenou barvu. Nad hodnotu pH 13 dochází k degradaci tohoto barviva. [24] Ponceau 4R se vyznačuje také tepelnou stabilitou až do 300 °C. [48]



Obr. 14 – struktura Ponceau 4R



Obr. 15 – alkoholický nápoj Jelzin

Ponceau 4R se na území Evropské unie smí přidávat do potravin pod označením E124. [49] Od tohoto barviva se upouští, protože především u dětí může vyvolávat alergické reakce. [1] Bez dalších přídatných barviv jej můžeme zakoupit např. v jahodovém likéru značky *Jelzin* (Obr. 15). V potravinách by se barvivo Ponceau 4R nemělo vyskytovat spolu s kyselinou L-askorbovou, která má redukční účinky. [50]

Ponceau 4R je dobře rozpustné ve vodě, což může být v kombinaci s jeho vysokou stabilitou problémem při snižování jeho obsahu v odpadních vodách. Z tohoto důvodu byl navržen experiment s použitím kvasinky pивní *Saccharomyces cerevisiae* v sušené formě, na kterou Ponceau 4R adsorbuje. [51]

Experimenty s Ponceau 4R ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

V již zmíněné práci *Využití fotometrie ve výuce chemie na všech stupních škol* využívá autorka Ponceau 4R jako jednu ze základních barev, z nichž si žáci připraví různě barevné směsi, aby je následně proměřili na spektrofotometru a vyhodnotili výsledky. Jak již bylo zmíněno výše, součástí práce nejsou pracovní listy. [9]

Stejně tak zde již byla popsána práce *Chemické mýty*, ve které Ponceau 4R vystupovalo jako syntetické potravinářské barvivo vhodné pro chromatografii. Součástí práce nejsou pracovní listy. [7]

3.3. Žlutá barviva

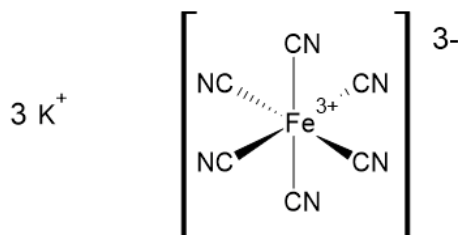
Žlutá barviva byla vybrána na základě snadné dostupnosti a barevného odstínu, který se u všech pohybuje od žlutého do lehce oranžového. Jedná se o přírodní nebo syntetická barviva snadno dostupná v potravinách či nápojích či anorganické sloučeniny, což shrnuje následující seznam:

- **hexakyanidoželezitan draselný** – anorganická sloučenina, běžná chemikálie
- **chlorid železitý** – anorganická sloučenina, běžná chemikálie
- **kurkumin** – přírodní barvivo např. v lentilkách *Orion* – barveno přírodou
- **lutein** – přírodní barvivo např. v květech aksamitníku
- **riboflavin** – přírodní barvivo např. v lentilkách výrobce *LK store*
- **tartrazin** – syntetické barvivo např. v potravinářském barvivu *AROCO* žluť citronová

3.3.1. Hexakyanidoželezitan draselný

Obecná charakteristika hexakyanidoželezitanu draselného

Hexakyanidoželezitan draselný je koordinační sloučenina se vzorcem $K_3[Fe(CN)_6]$ (Obr. 16). V pevném stavu se nachází ve formě červenooranžových krystalků, ve vodě je rozpustný za vzniku žlutého roztoku. Reakcí s železnatými ionty ve vodném roztoku tvoří modrou sraženinu známou jako Thurnbulova modř. [52] Působením vyšších teplot a kyselin na hexakyanidoželezitan draselný dochází ke vzniku kyanovodíku. [53] V analytické chemii se hexakyanidoželezitan draselný používá při stanovení sulfidů, kdy dochází k oxidaci sulfidů na síru, přičemž se hexakyanidoželezitanový anion redukuje na hexakyanidoželeznatanový anion. [54] Hexakyanidoželezitan draselný nemá schopnost fluoreskovat, avšak používá se jako katalyzátor luminiscence luminolu v zásaditém prostředí. [55] Hexakyanidoželezitan draselný reaguje se stříbrnými ionty za vzniku červenohnědé sraženiny, s měďnatými ionty poskytuje hexakyanidoželezitan draselný zelenožlutou sraženinu. [56]



Obr. 16 – struktura hexakyanidoželezitanu draselného

Experimenty s hexakyanidoželezitanem draselným ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Hexakyanidoželezitan draselný je spolu s chloridem železitým používán jako důkazové činidlo kyseliny L-askorbové v potravinách. Kyselina L-askorbová redukuje železité ionty chloridu železitého na ionty železnaté, které tvoří s hexakyanidoželezitanem charakteristicky modře zbarvenou sraženinu. Tato důkazová reakce je často používaná a objevila se v mnoha publikacích, pro příklad lze zmínit publikaci *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*, která obsahuje návody na pokusy. [41] V závěrečných pracích se důkaz kyseliny L-askorbové v potravinách objevil např. v práci *Vitaminy v učivu chemie na ZŠ a SŠ* a také v práci *Náměty a experimenty pro ZŠ a SŠ*

k tématu *zdravá výživa*. Součástí první zmíněné práce nebyl pracovní list věnující se této důkazové reakci [57], v případě druhé práce byl součástí pracovní list věnující se důkazové reakci [58].

Reakci hexakyanidoželezitanu draselného s železnatými ionty za vzniku modře zbarvené sloučeniny lze využít také v rámci experimentu „tajné písmo“ uvedeného v práci *Vzdělávací projekt na popularizaci chemie*. Roztok síranu železnatého slouží jako tajný inkoust, který je možno vyvolat hexakyanidoželezitanem draselným. Výsledná tmavě modrá barva písma je dána vzniklou sloučeninou berlínské modři. V rámci práce nebyly připraveny pracovní listy. [11]

3.3.2. Chlorid železitý

Obecná charakteristika chloridu železitého

Chlorid železitý je oranžová až hnědá pevná látka omezeně rozpustná ve vodě. Vodné roztoky mají žlutou až oranžovou barvu. Vzorec chloridu železitého je FeCl_3 . Při rozpouštění chloridu železitého ve vodě dochází ke vzniku kyselého roztoku. [52]. V přítomnosti vzdušné vlhkosti dochází k absorpci vody, což se projeví rozpuštěním chloridu železitého, protože se jedná o hygroskopickou látku. Při termickém rozkladu může docházet k uvolňování toxických plynů. Vodný roztok chloridu železitého má korozivní účinky. [59] Chlorid železitý slouží jako výchozí látka v mnoha anorganických syntézách. Uplatňuje se také jako Lewisova kyselina katalyzující některé organické reakce. [52]

S hydroxidem sodným reaguje chlorid železitý za vzniku oranžovohnědé sraženiny hydroxidu železitého. S thiokyanatanem draselným tvoří krvavě červený roztok obsahující ionty $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$. Reakcí chloridu železitého a chloridu cínatého (silné redukční činidlo) dochází ke vzniku chloridu železnatého a chloridu cíničitého. [60] Chlorid železitý s hexakyanidoželeznatanem draselným poskytuje modrou sraženinu berlínské modři. [52]

V organické chemii je chlorid železitý využíván k nesespecifickému důkazu fenolů, protože s fenoly poskytuje charakteristicky zbarvené sloučeniny. [60]

Experimenty s chloridem železitým ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Výše popsaná reaktivita chloridu železitého s hydroxidem sodným, thiokyanatanem draselným, hexakyanidoželeznatanem draselným a fenoly je obsažena v mnoha učebnicích a je běžnou součástí laboratorních cvičení ve výuce chemie. Z toho důvodu jsou v této podkapitole uvedeny experimenty, které jsou obohaceny o didaktické zpracování těchto pokusů.

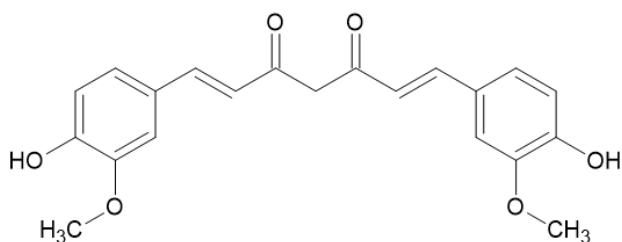
Chlorid železitý je možné použít v rámci experimentu chemikova zahrádka, protože s vodním sklem (roztok křemičitanu sodného) reaguje za vzniku oranžově zbarvených krystalů. Tento experiment je uveden v práci *Tvorba databáze experimentů pro výuku chemie*. Součástí práce nejsou pracovní listy, avšak databáze sdružující jednotlivé experimenty. [61] Důkaz fenolů lze s žáky provést i na vanilinu, látku extrahované z vanilinového cukru. Tato reakce s chloridem železitým poskytuje zelenomodré zbarvení. Je uvedena v závěrečné práci *Chemické experimenty s přírodními látkami se zaměřením na vzdělávání*, v rámci níž autorka vytvořila sbírku návodů laboratorních prací. [62]

3.3.3. Kurkumin

Obecná charakteristika kurkuminu

Kurkumin je žluté barvivo spadající pod kurkuminoidy. V oddencích kurkumovníku dlouhého je kurkumin obsažen zhruba ze 2 % hmotnosti, mezi další složky směsi barviv pak patří jeho deriváty. Složení a zastoupení jednotlivých složek v kurkumovníku je však značně variabilní v závislosti na zralosti oddenků a dalších faktorech. [1]

Molekula kurkuminu je tvořena dvěma substituovanými fenolickými jádry spojenými polyenovým řetězcem nesoucím dvě keto skupiny. Vzhledem ke své struktuře (*Obr. 17*) je kurkumin špatně rozpustný ve vodě, zato se dobře rozpouští v alkoholu a v tucích. Kurkumin podléhá keto-enol tautomerii v závislosti na prostředí, ve vodném prostředí se vyskytuje v keto formě, v organických nepolárních či středně polárních rozpouštědlech v enol formě. Absorpční maximum kurkuminu v oblasti viditelného světla odpovídá rozmezí zhruba 410–430 nm. [63]



Obr. 17 – struktura kurkuminu



Obr. 18 – lentilky Orion

Reakcí kurkuminu s chloridem cínatým nebo zinečnatým vznikají sytě oranžově zbarvené produkty, které jsou ve vodě dobře rozpustné. Kurkumin je pH senzitivní, barevný přechod lze pozorovat v alkalickém prostředí při pH nad 10, kdy dochází ke změně barvy ze žluté na oranžovou. Z hlediska tepelné stability je kurkumin stabilní i nad teplotu varu, což je vlastnost využívaná při přípravě pokrmů. [1] Působením světla (obzvlášť v přítomnosti nanočástic oxidu titaničitého, který urychluje fotodegradaci) však dochází k degradaci a odbarvení. [63] Kurkumin vykazuje zelenožlutou fluorescenci při vystavení UV světlu. [64]

Kurkumin je velmi dobrým antioxidačním činidlem, dokáže zachytit reaktivní formy kyslíku za vzniku radikálu, který je stabilizován rezonančními strukturami. [63] V přítomnosti chlornanu sodného dochází k oxidaci kurkuminu, což se projevuje odbarvením roztoku obsahující kurkumin. Oxidovaná molekula ztrácí schopnost fluorescence. [65] Kurkumin slouží v analytické chemii jako důkazové činidlo kyseliny borité nebo boritanů. Reakcí s těmito látkami vzniká červeně zbarvený rosocyanin. [66]

Je obsažen v těchto potravinách dostupných v České republice např. – v kari koření, bonbonech, pudingu nebo dalších mléčných výrobcích pod označením E100. Příkladem mohou být také lentilky Orion – barveno přírodou (Obr. 18). Potraviny a nápoje barvené tímto barvivem mohou vykazovat mírně nahořklou chuť. Atraktivitu pro spotřebitele může zvyšovat fakt, že má protizánětlivé účinky. [67]

Experimenty s kurkuminem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Díky svým chemickým vlastnostem a dostupnosti se kurkumin objevuje v mnoha pracích, které se věnují experimentální části výuky chemie. Nejčastěji zastoupené téma je fluorescence kurkuminu. Celkem se vyskytuje ve 4 pracích – *Praktické úlohy pro využití*

UV lampy ve výuce chemie (součástí práce nejsou pracovní listy) [68], *Luminiscenční experimenty ve výuce chemie* (součástí práce nejsou pracovní listy) [69], *Užití digitální fotografie a videa k chemické analýze* (neobsahuje pracovní listy) [10] a *Potraviny z pohledu vzdělávání v chemii* (součástí práce jsou výukové materiály) [70], v rámci nichž byly molekuly kurkuminu v ethanolu excitovány UV světlem a vykazovaly žlutozelenou fluorescenci.

Dále byly hojně zastoupeny práce zabývající se pH senzitivitou kurkuminu. Markéta Karlínová a v závislosti na ní Veronika Boguschová zkoumaly lentilky Orion barvené mimo jiné kurkuminem a testovaly zbarvení vodného roztoku z potahu lentilky v různém pH. V rámci obou zmíněných prací byly vytvořeny pracovní listy. [17, 42] Kari koření jako pH indikátor se objevil v práci *Alternativní koncepce výuky a jejich přínos ve výuce chemie* (součástí práce jsou pracovní listy) [18] a také v práci *Potraviny z pohledu vzdělávání v chemii*, která se věnuje reaktivitě kurkuminu nejdetailněji a jejíž součástí jsou pracovní listy. Autorka vytvořila návrhy výukových materiálů včetně metodické příručky pro učitele. Mezi navržené pokusy patří ověření rozpustnosti kurkuminu v alkoholu, oleji a ve vodě, dále pak experiment „tajné písmo“, který využívá barevné změny v zásaditém prostředí a také důkaz kyseliny borité pomocí papírku namočeném v roztoku kari. [70]

Jakožto složka běžně dostupných potravin má kurkumin využití i v distanční výuce, během níž žáci experimentují s omezeným vybavením domácího prostředí. Autoři článku *Turmeric and RGB Analysis: A Low-Cost Experiment for Teaching Acid–Base Equilibria at Home* navrhuji titraci roztoku uhličitanu sodného (získaného tepelným rozkladem jedlé sody v troubě) bezbarvým octem. Jako acidobazický indikátor byl použit právě kurkumin v ethanolovém extraktu, který indikuje bod ekvivalence změnou barvy z červenooranžové na žlutou. Autoři navrhli alternativní pomůcky k uskutečnění tohoto pokusu. [27]

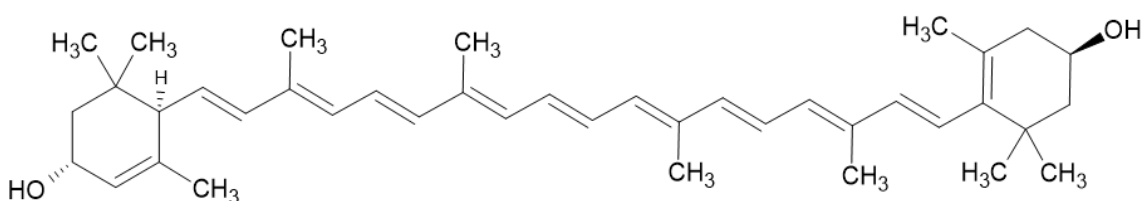
Kurkumin lze použít také v experimentech pro studenty vysokých škol seznamujících se se základy dobré praxe v chemické laboratoři. Autoři článku *Using a Sequence of Experiments with Turmeric Pigments from Food To Teach Extraction, Distillation, and Thin-Layer Chromatography to Introductory Organic Chemistry Students* navrhuji 3 praktická cvičení jako úvod do organických laboratorních praktik, v rámci nichž si žáci

osvojí postupy tří separačních metod - extrakce z potravin obsahujících kurkumin, destilace a tenkovrstvou chromatografií. [71]

3.3.4. Lutein

Obecná charakteristika luteinu

Lutein spadá pod karotenoidy, skupinu obsahující pigmenty rostlin a živočichů s lipofilním charakterem. Karotenoidy dělíme dále dle struktury na karoteny s uhlovodíkovým řetězcem a na xanthofyly odvozené od karotenů, v jejichž struktuře můžeme pozorovat funkční skupiny obsahující kyslík. Lutein díky hydroxylovým skupinám navázaným na uhlovodíkový řetězec (*Obr. 19*) spadá pod xanthofyly. [1] Díky systému konjugovaných dvojných vazeb na uhlovodíkovém řetězci má absorpční maximum ve 445 nm, což odpovídá výslednému žlutému zbarvení luteinu. [72]



Obr. 19 – struktura luteinu

Jedná se o látku lipofilní povahy, můžeme ji tedy rozpustit v tucích, nikoliv ve vodě. Lutein lze získat především z listové zeleniny, jako je špenát (obsah luteinu se pohybuje v rozmezí 42–81 mg na kilogram hmotnosti), nebo z některých druhů ovoce. U plodů ovoce však platí, že čím je zralejší, tím menší obsah luteinu má. Lutein se také vyskytuje ve vaječném žloutku spolu s menším množstvím betakarotenu. [1] Významným zdrojem luteinu pro komerční účely jsou květy aksamitníku vzpřímeného, z nichž se získává nepolární extrakt s vysokým obsahem luteinu. Takto získaný lutein se používá pro výrobu doplňků stravy a je poslední dobou velmi žádaný, protože lidský organismus si lutein neumí syntetizovat a musí jej přijímat v potravě. Zároveň však lutein na sítnici tvoří žlutou skvrnu a díky svým antioxidačním účinkům tvoří ochranu před poškozením sítnice UV světlem. Nedostatek luteinu se může projevit například šedým zákalem. [73]

V potravinářství se můžeme s luteinem, jakožto přídatnou látkou zajišťující žlutou barvu, setkat v sirupech, hořčicích a jogurtech pod označením E161b. V České republice lze lutein zakoupit např. v citronovém sirupu Hello (*Obr. 20*). [74]



Obr. 20 – citronový sirup Hello

Chemická stabilita luteinu není závislá na pH. [75] Lutein se tepelně rozkládá již nad 60 °C, nad 80 °C je již tepelný rozklad značný. Lutein nevykazuje vysokou stabilitu ani vůči působení UV světla, z toho důvodu je dobré potraviny obsahující lutein uchovávat v tmavém prostředí. Nejčastější příčinou degradace luteinu je oxidace, která hrozí především během procesu sušení ovoce a zeleniny. [76] Degradace luteinu může být způsobena také přítomností chlornanu sodného, který způsobí obarvení roztoku luteinu. [77]

Experimenty s luteinem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

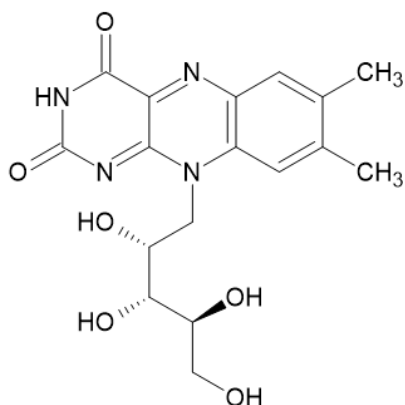
V pracích, které byly analyzovány, se lutein v chemických experimentech neuplatňuje. Zmiňován je pouze ve výčtu látek viditelných na chromatogramu při tenkovrstvé chromatografii rostlinných barviv. Tato zmínka je pouze okrajová, např. v publikaci *Náměty na pokusy z organické a praktické chemie*. [78]

3.3.5. Riboflavin

Obecná charakteristika riboflavinu

Riboflavin známý také jako vitamin B₂, patří díky své struktuře pod flaviny, tedy látky odvozené od isoalloxazinu. Na isoalloxazinové jádro je navázán ribitol přes dusík

v heterocyklu (Obr. 21). V živých organismech se riboflavin vyskytuje volný, ve větší míře však ve formě flavinmononukleotidu a flavinadenindinukleotidu. [79]



Obr. 21 – struktura riboflavinu



Obr. 22 – ananasový puding Dr. Oetker

Riboflavin je velmi odolný vůči změnám pH, nejstálejší je v neutrálních a kyselých roztocích. V zásaditém prostředí dochází k degradaci. V přítomnosti světla však dochází k fotodegradaci, a to zejména v neutrálním a zásaditém prostředí. V neutrálním prostředí je hlavním produktem štěpení lumichrom, látka vykazující modrou fluorescenci. Stabilitu vykazuje riboflavin také při tepelném zpracování, stejně tak při zmrazení a rozmrazení. [79] K tepelnému rozkladu dochází při 280 °C. [80]

Riboflavin je látka rozpustná ve vodě, méně v ethanolu. Ve vodě tvoří žlutozelené roztoky, protože má absorpční maximum odpovídající 442 nm ve viditelné oblasti. Vodné roztoky vykazují žlutozelenou fluorescenci pod UV světlem. [80]

V potravinách je riboflavin obsažen v mléce a vejcích, masu, vnitřnostech a dalších. Na etiketách potravin jej můžeme nalézt pod označením E101 v malých množstvích např. v ananasovém pudingu Dr. Oetker (Obr. 22). U některých potravin dochází k fortifikaci neboli cílenému obohacení potraviny o vitamin B₂, aby se předešlo deficienci u rizikových skupin (např. u lidí nekonzumujících živočišné produkty). Mezi potraviny obohacené o riboflavin patří např. snídaně cereálie a pšeničná mouka. Vitamin B₂ lze také zakoupit jako doplněk stravy ve formě tablet. [79]

Experimenty s riboflavinem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Fluorescence vodného roztoku riboflavinu je zmíněna v následujících pracích: *Vitaminy ve výuce chemie* (neobsahuje pracovní listy) [57], *Náměty a experimenty pro ZŠ a SŠ*

k tématu *zdravá výživa* (obsahuje pracovní list jakožto laboratorní cvičení) [58], *Vzdělávání žáků v chemii prostřednictvím jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí* (neobsahuje pracovní listy) [19], *Chemické experimenty pro SŠ - chromatografie s přírodními látkami* (obsahuje pracovní listy) [20], *Luminiscenční experimenty ve výuce chemie* (neobsahuje pracovní listy) [69], *Užití digitální fotografie a videa k chemické analýze* (neobsahuje pracovní listy) [10]. Ve všech výše zmíněných pracích byla tableta vitamínu B₂ použita jako kontrolní vzorek a došlo k porovnání fluorescence s potravinami obsahující riboflavin.

Fluorescenci riboflavínu se věnuje také práce *Luminous custard powder - fluorescence and photochemical degradation in riboflavin*, která zkoumá fluorescenci riboflavínu obsaženého v pudinku. Oproti předchozím pracím je zde inovativně zařazeno zhasení fluorescence riboflavínu přidávkem dusičnanu stříbrného. Stříbrné ionty tvoří s riboflavínem červený produkt, který pod UV světlem již nefluoreskuje. [81]

Experiment využitelný ve výuce chemie na vysokých školách představuje článek *Simultaneous Determination of Pyridoxine and Riboflavin in Energy Drinks by High-Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection* využívající analytickou metodu HPLC k detekci pyridoxinu a riboflavínu v energetických nápojích. [82]

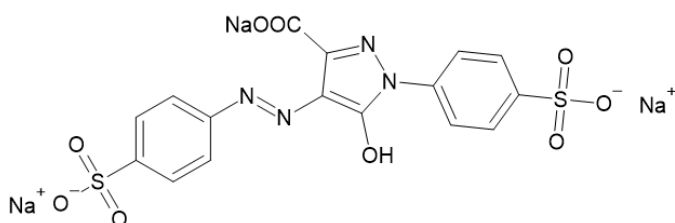
3.3.6. Tartrazin

Obecná charakteristika tartrazinu

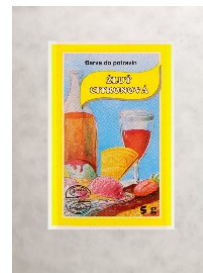
Tartrazin je žluté azobarvivo, které má na aromatických cyklech propojených azoskupinou navázané sulfonátové ionty (*Obr. 23*). Jedná se o syntetické barvivo dobře rozpustné ve vodě a částečně v ethanolu. Ve vodném roztoku je jeho absorpční maximum 425 nm. [83] Tartrazin je tepelně stabilní až do 200 °C, po dosažení této hodnoty dochází k tepelnému rozkladu. [84] Je také velmi odolný vůči blednutí působením světla. [85] Jedná se o velmi často využívané potravinářské barvivo, protože si ponechává své intenzivní zbarvení ve velkém rozsahu pH. [1] V potravinách lze tartrazin nalézt pod označením E102 například v cukrovinkách, slazených limonádách a v práškové formě bez dalších přídatných barviv například v potravinářském barvivu AROCO – žlut

citronová. (Obr. 24) Je spojován s hyperaktivitou u dětí a malá část lidské populace je na tartrazin alergická. [86]

V přítomnosti silného oxidačního činidla – chlornanu sodného – dochází k blednutí roztoku tartrazinu. [87]



Obr. 23 – struktura tartrazinu



Obr. 24 – potravinářské barvivo AROCO

Experimenty s tartrazinem ve výuce v závěrečných pracích a v odborné literatuře

Tartrazin lze využít při výuce tématu separační metody, žáci mohou chromatograficky oddělit jednotlivá barviva směsi s tou výhodou, že při použití tartrazinu nedojde k vyblednutí chromatogramu. Chromatografii s tartrazinem se věnovaly dvě analyzované práce – *Využití chromatografie ve výuce chemie*, v rámci níž nebyly navrženy pracovní listy [6] a práce *Potrava, přídavné látky a lidské zdraví v učivu chemie*, v rámci níž autorka navrhla pracovní listy. [8] Již výše byla zmíněna práce *Využití fotometrie ve výuce chemie na všech stupních škol* s experimentem „nápojová duha“, při němž dochází k propojování výtvarné výchovy a chemických principů. [9] V práci *Užití digitální fotografie a videa k chemické analýze* autor navrhuje experiment tartrazinu s chlornanem sodným obsaženým v Savu, čímž demonstruje chemickou kinetiku této reakce. Součástí práce nejsou pracovní listy. [10]

V rámci fyzikálních laboratorních cvičení ve výuce vysokoškolských studentů, (např. publikace *Laboratorní cvičení z fyzikální chemie*) lze tartrazin využít k výpočtu naadsorbovaného množství tartrazinu na aktivní uhlí v závislosti na jeho rovnovážné koncentraci. [88]

4. Praktická část

Praktická část se dělí na 2 kapitoly – *Experimentální* a *Didaktickou část*. *Experimentální část* je zaměřena na experimentální ověření chemické reaktivity látek s vybranými činidly popsaných v teoretické části. V teoretické části je popsána reaktivita studovaná na komerčně prodávaných chemických látkách o vysoké čistotě, v rámci praktické části je chemická reaktivita za daných podmínek (pH, působení UV atd.) popsána nejen na standardu, ale také na zakoupeném výrobku obsahujícím danou látku.

V *Didaktické části* jsou popsány navržené pracovní listy včetně metodiky, potřebných pomůcek, chemikálií, průběhu výuky, vztahu k RVP a cílů. Součástí *Didaktické části* je také popsána a vyhodnocena pilotáž pracovních listů na Gymnáziu ALTIS. Pilotáž byla vyhodnocena na základě dotazníků vyplněných žáky.

4.1. Experimentální část

Experimentální část sestává z 5 kapitol, z nichž první se věnuje přípravě červených a žlutých roztoků, se kterými byly dále prováděny reakce. Ve zbývajících 4 kapitolách je popsána realizace experimentů s vybranými činidly.

4.1.1. Příprava červených a žlutých roztoků

V rámci této kapitoly je popsán postup přípravy červených a žlutých roztoků, se kterými byly prováděny dále popsané experimenty. Postup přípravy je popsán především z důvodu dosažení přibližné koncentrace, která má vliv na výsledné zbarvení roztoků. Cílem bylo dosáhnout co nejpodobnějšího zbarvení u všech roztoků. Pro lepší názornost jsou součástí této kapitoly také tabulky shrnující vzhled produktů, ze kterých byla extrahována červená (*Tab. 1*) a žlutá barviva (*Tab. 2*). Značka produktu je důležitá kvůli obsahu dalších přídatných látek. Tyto látky mají vliv na výslednou barvu extrahovaného barviva a také na chemické vlastnosti roztoku, proto je u produktů uvedeno i složení vypsané z etikety produktů. U chemikálií jsou uvedeny i případné výstražné symboly, případně bezpečnostní doporučení. Pokud to bylo možné, byla reaktivita barviva ověřena také na standardu.

Červené roztoky:

Azorubin

- potravinářské barvivo *AROCO* červeň malinová – 0,3% roztok
 - složení: síran sodný (nosič), azorubin
- standard – 0,3% roztok

Betanin

- extrakt z červené řepy – 90 g nastrohané mražené řepy bylo zalito 100 ml vody a po 1 minutě přefiltrováno
 - červená řepa obsahuje také žluté barvivo vulgaxanthin a betalamovou kyselinu [1]
- nápoj v prášku *Ovocé jahoda a malina* – 40% roztok
 - složení: cukr, kyselina citronová, inulin, kyselina L-askorbová, koncentrát z červené řepy, vitamin E, citrát zinečnatý, vitamin D₃

Červeň Allura AC

- *Fanta strawberry* – nápoj o vhodné koncentraci barviva, není třeba ředit
 - složení: perlivá voda, fruktosový sirup, sacharosa, kyselina citronová, citronan sodný, benzoan sodný, červeň Allura AC
- standard – 0,025% roztok

Erythrosin

- *Ibalgin 400* – 5 tablet bylo extrahováno do 50 ml vody až do rozpuštění růžové vrstvy, poté byl roztok přefiltrován
 - složení potahové vrstvy: hypromelosa, polyethylenglykol, mastek, oxid titaničitý, erythrosin, simetikonová emulze
- standard – 0,015% roztok

Kyanidin

- extrakt ze sušených červených květů ibišku – 0,5 g sušených květů ibišku bylo rozmělněno v třecí misce a zalito 50 ml vody, po 1 minutě přefiltrováno
 - květy ibišku obsahují také delphinidin [1]

Kyselina karmínová

- sušení červci nopáloví – 0,3 g červců bylo rozdrceno a zalito 50 ml vody, poté byla směs přefiltrována

- malinový puding *Dr. Oetker* – 5 g pudingu bylo zalito 50 ml vody a po důkladném zamíchání byl roztok přefiltrován
 - složení: kukuřičný škrob, kyselina karmínová
- růžová gelová barva *Dr. Oetker* – 0,3 g gelu bylo rozpuštěno v 50 ml vody
 - složení: glukózový sirup, sacharosa, voda, kyselina karmínová, karagenan, kyselina citrónová, kyselina mléčná, kyselina octová, mléčnan sodný, sorban draselný

Ponceau 4R

- standard – 0,6% roztok
- alkoholický nápoj *Jelzin* jahodový – nápoj o vhodné koncentraci barviva, není třeba ředit
 - pitná voda, sacharosa, kofein, kyselina citronová, Ponceau 4R

Tab. 1 – Obrázky látek (s uvedením obsaženého barviva), z nichž byly připraveny červené roztoky

			
<i>AROCO</i> červená malinová (azorubin)	<i>Ovocé</i> jahoda a malina (betanin)	<i>Fanta</i> strawberry (červená Allura AC)	<i>Ibalgin 400</i> (erythrosin)
			
sušené červené květy ibišku (kyanidin)	puding <i>Dr. Oetker</i> malina (kyselina karmínová)	růžová gelová barva <i>Dr. Oetker</i> (kyselina karmínová)	alkoholický nápoj <i>Jelzin</i> jahoda (Ponceau 4R)

Žluté roztoky:

Hexakyanidoželezitan draselný

- 0,6% roztok
 - BOZP: hexakyanidoželezitan draselný způsobuje vážné podráždění očí a je toxický pro vodní organismy
 - Výstražné symboly dle GHS:



Chlorid železitý

- 5% roztok (případně lze roztok naředit na potřebnou koncentraci dle barvy v tabulce XXX)
- BOZP: chlorid železitý je při požití zdraví škodlivý, dráždí kůži a může způsobit alergickou reakci
- Výstražné symboly dle GHS:



Kurkumin

- extrakt z koření *FUCHS* – 0,6% roztok v ethanolu a vodě (poměr je 1:1)
 - kurkuma obsahuje také demethoxykurkumin a bisdemethoxykurkumin [1]
- lentilky *Orion* – barveno přírodou – barvivo z 10 žlutých lentilek bylo extrahováno do roztoku z 15 ml ethanolu a 15 ml vody, dokud nebyla rozpuštěna potahová vrstva
 - složení potahové vrstvy: betanin, karoteny, kurkumin, spirulina, karnaubský vosk, včelí vosk bílý, světlice barvířská, ředkev
- *M&M's* – barvivo z 10 žlutých lentilek bylo extrahováno do roztoku z 15 ml ethanolu a 15 ml vody, dokud nebyla rozpuštěna potahová vrstva
 - složení potahové vrstvy: karnaubský vosk, kurkumin, kyselina karmínová, brilantní modř, karoteny, beta-apo-8-karotenal

Lutein

- extrakt z květů aksamitníku – 0,1 g sušených květů aksamitníku bylo rozdrobeno a extrahováno ve 20 ml ethanolu a poté přefiltrováno
 - květy aksamitníku obsahují také zeaxanthin [73]
- citronový sirup *Hello* – nápoj o vhodné koncentraci barviva, není třeba ředit
 - složení: glukosový sirup, sacharosa, voda, kyselina citronová, lutein

Riboflavin


- tablety riboflavin *Generica* – 1 tableta byla rozetřena a extrahována do 75 ml ethanolu a poté přefiltrována
 - složení: dihydrát hydrogenfosforečnanu vápenatého, celulosu, kroskaramelosu, stearan hořčičný, riboflavin
- ananasový puding *Dr. Oetker* – 10 g pudingu bylo smícháno s 50 ml vody a poté přefiltrováno
 - složení: škrob, riboflavin
- mini lentilky *LKstore* – 40 lentilek bylo zalito 30 ml vody, směs bylo mícháno, dokud se nerozpustila barevná vrstva
 - složení potahové vrstvy: karnaubský vosk, šelak, riboflavin

Tartrazin

- potravinářské barvivo *AROCO* žluť citronová – 0,6% roztok
 - složení: síran sodný (nosič), tartrazin
- standard – 0,3% roztok

Tab. 2 – Obrázky látek (s uvedením obsaženého barviva), z nichž byly připraveny žluté roztoky

			
kurkuma, koření <i>FUCHS</i> (kurkumin)	lentilky <i>Orion</i> (kurkumin)	<i>M&M's</i> (kurkumin)	sušené květy aksamitníku (lutein)
			
citronový sirup <i>Hello</i> (lutein)	riboflavin <i>Generica</i> (riboflavin)	ananasový puding <i>Dr. Oetker</i> (riboflavin)	lentilky <i>LKstore</i> (riboflavin)

			
<p>AROCO žluť citronová (tartrazin)</p>			

4.1.2. Acidobazické vlastnosti barviv

Velký počet vybraných barviv vykazoval díky svým pH senzitivním vlastnostem barevné změny v závislosti na změně pH. Barviva byla vystavena působení 4 činidel o různém pH – 10% kyselině sírové, octu, 10% roztoku jedlé sody a 10% hydroxidu sodného. K 5 ml vzorku bylo přidáno 0,5 ml činidla a byly pozorovány případné barevné změny (*Příloha 1*)

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, kapátka

Chemikálie: 10% kyselina sírová, 10% hydroxid sodný, ocet, 10% roztok jedlé sody, připravené roztoky dle kapitoly 4.1.1. *Příprava červených a žlutých roztoků*

Bezpečnost: kyselina sírová a hydroxid sodný jsou žíravé a korozivní látky, při práci by měli žáci pracovat v rukavicích

- výstražný symbol dle GHS:



Postup: Každé barvivo bylo vystaveno 4 různým prostředím a porovnáno s původním vzhledem roztoku barviva. Do zkumavky bylo napipetováno 5 ml roztoku barviva a k němu přidáno 0,5 ml činidla (10% roztok kyseliny sírové nebo 10% roztok hydroxidu sodného nebo 10% roztok jedlé sody nebo ocet), poté byla zkumavka protřepána a byla zaznamenána případná barevná změna ve srovnání s původním vzhledem barviva.
















Pozorování a poznatky: Pozorování je shrnuto v *Příloze 1*, ve které jsou fotografie pořízené ihned po přidávku činidla a protřepání zkumavky.

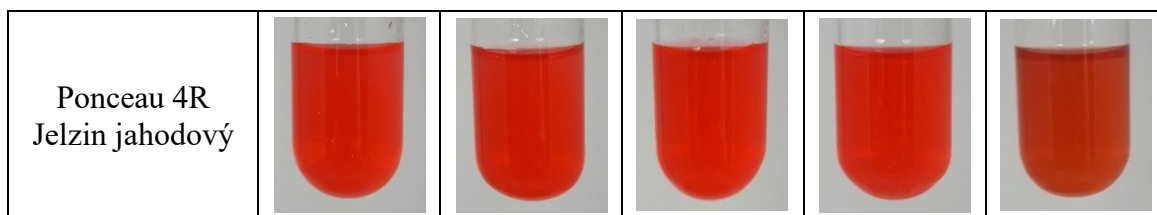
Změnu barvy vykazují především přírodní barviva extrahovaná z rostlin a živočichů, zatímco azobarviva vzhledem ke své stabilitě nevykazují barevné změny. Změnu barvy nevykazuje ani riboflavin a hexakyanidoželezitan draselný.

Reaktivita barviv extrahovaných z potravin nebo přírodnin byla porovnána s reakcemi standardů, přičemž shodně reagovalo barvivo azorubin, zatímco odlišnou barevnou změnu vykazovala *Fanta strawberry*, která v přítomnosti hydroxidu sodného zesvětlala, nikoliv ztmavla tak jako v případě standardu. Stejně tak reagoval odlišně erythrosin z tablety *Ibalginu*, Ponceau 4R z jahodového alkoholického nápoje *Jelzinu* a tartrazin z potravinářského barviva *AROCO* (Tab. 3).

V případě luteinu došlo ke vzniku dvou fází po přidavku 10% kyseliny sírové, octa i jedlé sody. Roztok betaninu z práškového nápoje *Ovocé* a roztok luteinu v citronovém sirupu *Hello* po přidání roztoku jedlé sody šuměly. Některé roztoky vykazovaly postupnou změnu barvy, např. roztok kyanidinu v přítomnosti hydroxidu sodného nejprve zezelenal a během minuty zežloutl a po přidavku jedlé sody roztok zmodral a poté byl hnědozelený. Stejně tak po přidavku hydroxidu sodného došlo k postupnému zesvětlení *Fanty strawberry*, ihned po přidavku bylo zbarvení okrové, postupně během pár minut přešlo zbarvení do žluté.

Tab. 3 – ukázka reaktivity některých látek oproti standardům:

	10% H ₂ SO ₄	ocet	Původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
azorubin AROCO červeně malinová					
azorubin standard					
Ponceau 4R standard					



4.1.2. Reakce s chloridem zinečnatým a dihydrátem chloridu cínatého

Některé z vybraných látek reagují s chloridem cínatým a zinečnatým za tvorby barevných sloučenin. Barevné změny zaznamenané na fotografiích shrnuje tabulka (*Příloha 2*)

Dihydrát chloridu cínatého je ve vodě rozpustné redukční činidlo, které ve vodě hydrolyzuje na chlorid hydroxid cínatý, který je ve vodě nerozpustný, což se projeví zakalením roztoku. [52] Chlorid cínatý má své využití také v potravinářství, kde má roli ochucovadla a antioxidační látky, využívané především v nápojích sycených oxidem uhličitým. [89]

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, kapátka, váhy, navažovací lodičky, chemické lžičky

Chemikálie: pevný chlorid zinečnatý, pevný dihydrát chloridu cínatého, připravené roztoky dle kapitoly 4.1.1. *Příprava červených a žlutých roztoků*

Bezpečnost:

- dihydrát chloridu cínatého (s) – Jedná se o látku, se kterou žáci ZŠ nemohou pracovat, protože je korozivní a žíravá, může způsobit podráždění dýchacích cest, je škodlivá pro vodní organismy.



○ výstražné symboly dle GHS:

- chlorid zinečnatý (s) – na ZŠ není použit legistavně ošetřeno. Tato látka je korozivní a žíravá, vysoce toxická pro vodní organismy a může způsobit podráždění dýchacích cest



○ výstražné symboly dle GHS:

- nutno dbát na bezpečnost – nosit rukavice







Postup: K 5 ml barviva bylo přidáno 0,2 g chloridu cínatého, směs byla protřepána a byla pořízena fotografie. Druhá fotografie byla pořízena po 15 minutách a poté bylo do směsi přidáno 0,3 g chloridu cínatého a vzhled směsi byl zaznamenán na třetí fotografii. Po dalších 15 minutách byla zhotovena čtvrtá fotografie a po 24 hodinách od prvního přídavku poslední pátá fotografie. Stejný postup byl proveden s přídavkem chloridu zinečnatého.

Pozorování a poznatky: Pozorování je shrnuto v *Příloze 2*. Barevné změny a vznik sraženiny byly pozorovány především po přídavku chloridu cínatého, u chloridu zinečnatého méně.







Přídavek chloridu cínatého vyvolal ve všech roztocích vznik sraženiny, u většiny roztoků se sraženina z roztoku vyloučila už po prvním přídavku, u některých došlo k vyloučení sraženiny až 15 minut po prvním přídavku. Množství sraženiny bylo přímo úměrné množství přidaného chloridu cínatého a je dáno špatnou rozpustností chloridu cínatého.

U většiny roztoků převládalo odbarvení roztoku, které bylo postupné (v některých případech došlo dokonce k úplnému odbarvení roztoku (*Tab. 4*), a to i u stabilních azobarviv – např. azorubin, tartrazin). V případě azorubinu došlo k jeho redukcí, protože chlorid cínatý je silné redukční činidlo. [1] U některých roztoků došlo naopak k zintenzivnění zbarvení – např. u betaninu, luteinu, kyseliny karmínové, kurkuminu či kyanidinu. Vznik tohoto zbarvení je popsán v teoretické části u kyseliny karmínové (s Sn^{2+} tvoří barevné komplexy) [43], kyanidinu (s Sn^{2+} reaguje za vzniku fialových komplexů) a u kurkuminu, který s cínatými ionty tvoří sytě oranžové komplexy (*Tab. 5*). [1]

Tab. 4 – ukázka reaktivity některých látek po přídavku SnCl_2 – odbarvení azorubinu

	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g SnCl_2	cca po 15 minutách	ihned po přídavku 0,3g SnCl_2	cca po 30 minutách	po 1 dni
azorubin AROCO červeně malinová						

Tab. 5 – ukázka reaktivity některých látek po přidavku SnCl₂ – vznik barevného komplexu:

	původní vzhled	ihned po přidavku 0,2 g SnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přidavku 0,3g SnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
kurkumin koření <i>FUCHS</i>						

4.1.3. Reakce s chlornanem sodným

Většina vybraných barviv reaguje s chlornanem sodným za vzniku bezbarvých produktů (Příloha 3). K roztokům barviv byl kapátkem přidán 0,5 ml roztoku *Sava* (5% roztok chlornanu sodného). Po přidavku byl obsah zkumavky ihned promíchán. V průběhu reakce byla měřena doba trvání reakce do vizuální změny (Tab. 6).

Tab. 6 – doba trvání reakce do vizuální změny (červeně zvýrazněna barviva, u kterých byla doba trvání reakce do vizuální změny delší než minuta)

	doba trvání reakce do vizuální změny (s)
azorubin – <i>AROCO</i> červeně malinová	840
azorubin – standard	780
betanin – červená řepa	3
betanin – <i>Ovocé</i>	4
červeně Allura AC – standard	180 (zesvětlení)
červeně Allura AC – <i>Fanta strawberry</i>	5
erythrosin – standard	neodbarvil se
erythrosin – <i>Ibalgin</i>	neodbarvil se
kyanidin – květy ibišku	1
kyselina karmínová – červci	40
kyselina karmínová – pudíng <i>Dr. Oetker</i> malina	8
kyselina karmínová – gelová barva <i>Dr. Oetker</i>	15
Ponceau 4R – standard	90

Ponceau 4R – <i>Jelzin</i> jahodový	6
hexakyanidoželezitan draselný	neodbarvil se
chlorid železitý	neodbarvil se
kurkumin – koření <i>FUCHS</i>	520 (zesvětlení)
kurkumin – lentilky <i>Orion</i>	180
kurkumin – <i>M&M's</i>	180
lutein – květy aksamitníku	600
lutein – sirup <i>Hello</i> citron	20
riboflavin – <i>Generica</i>	300
riboflavin – lentilky <i>LKstore</i>	250
riboflavin – pudink <i>Dr. Oetker</i> ananas	200
tartrazin – <i>AROCO</i> žlut' citronová	neodbarvil se
tartrazin – standard	neodbarvil se

Chlornan sodný je bělicí a oxidační činidlo, které se běžně vyskytuje v čistících prostředcích, např. *Savo* je jeho 5% roztok.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, kapátka

Chemikálie: *Savo* (5% roztok chlornanu sodného), připravené roztoky dle kapitoly 4.1.1.

Příprava červených a žlutých roztoků

Bezpečnost:

- chlornan sodný – 5% roztok – jedná se o látku, se kterou žáci musí pracovat v digestoři, v rukavicích a ochranných brýlích, protože může způsobit vážné poškození očí, je vysoce toxický pro vodní organismy a zdraví škodlivý



- výstražné symboly dle GHS:

Postup: K 5 ml barviva bylo přidáno 0,5 ml 5% roztoku chlornanu sodného. S obsahem zkumavky bylo ihned zamícháno a byl zaznamenán čas, který byl potřeba k pozorování barevné změny. Výsledný vzhled obsahu zkumavky byl zdokumentován na fotografii (*Příloha 3*).

Pozorování a poznatky: Většina roztoků po přidavku 5% roztoku chlornanu sodného změnila barvu na bezbarvou. Výjimkou byl např. tartrazin ve formě standardu, který ztmavnul stejně jako v případě roztoku potravinářského barviva *AROCO* žluť citronová. Erythrosin nevykazoval změnu barvy po přidavku chlornanu sodného ani v případě standardu, ani v případě extraktu z potahové vrstvy *Ibalginu*. U riboflavinu extrahovaného z tablet riboflavinu nedošlo k úplnému odbarvení roztoku, což bylo pozorováno také u kurkuminu extrahovaného z koření výrobce *FUCHS*, chloridu železitého, hexakyanidoželezitanu draselného, standardu Ponceau 4R a kyseliny karmínové extrahované ze sušených těl červců nopálových.

Doba trvání reakce do vizuální změny byla zaznamenána do tabulky, z níž vyplývá, že přírodní barviva (kromě kurkuminu, riboflavinu a luteinu) se po přidavku 5% roztoku chlornanu sodného odbarvují v řádu sekund, zatímco syntetická barviva a anorganické sloučeniny se odbarvují v řádu minut (v *Tab. 6* zvýrazněny červeně), pokud vůbec dojde k odbarvení.

4.1.4. Fluorescence vyvolaná UV

Tři z vybraných barviv fluoreskovaly po osvětlení UV lampou. Jedná se o erythrosin, kurkumin a riboflavin. V rámci teoretické části bylo zjištěno, že tyto látky vykazují schopnost fluoreskovat pouze v určitém rozmezí pH. Změny struktury molekuly barviv v důsledku změny pH mohou fluorescenci zhaset. Z tohoto důvodu byla barviva vystavena působení 4 činidel o různém pH – 10% kyselině sírové, octu, 10% roztoku jedlé sody a 10% hydroxidu sodného. K 5 ml vzorku bylo přidáno 0,5 ml činidla a byly pozorovány případné barevné změny po posvícení UV lampou. (*Příloha 4*)

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinky, kapátka, UV lampa (vlnová délka 365 nm)

Chemikálie: 10% kyselina sírová, 10% hydroxid sodný, ocet, 10% roztok jedlé sody, připravené roztoky dle kapitoly 4.1.1. *Příprava červených a žlutých roztoků*

Bezpečnost: kyselina sírová a hydroxid sodný jsou žíravé a korozivní látky, při práci by měli žáci pracovat v rukavicích

- výstražný symbol dle GHS:

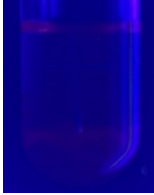

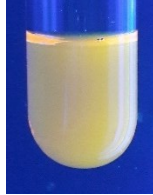
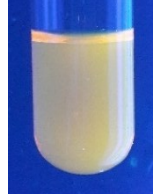
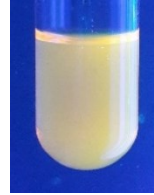
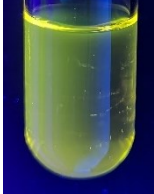


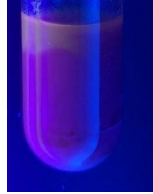
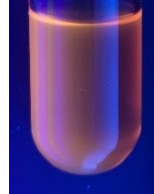




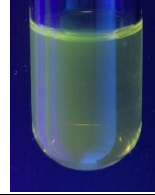


Postup: Každé barvivo bylo vystaveno 4 různým prostředím a poté osvětleno UV lampou. Do zkumavky bylo napipetováno 5 ml roztoku barviva a k němu přidáno 0,5 ml činidla (10% roztok kyseliny sírové nebo 10% roztok hydroxidu sodného nebo 10% roztok jedlé sody nebo ocet), poté byla zkumavka protřepána a bylo na ni posvíceno UV lampou.

Pozorování a poznatky: Pozorování je shrnuto v *Příloze 4*, ve které jsou fotky pořízené ihned po přidavku činidla a protřepání zkumavky.

Většina roztoků barviv po osvětlení UV lampou nefluoreskovala. Fluorescenci vykazovaly roztoky, u kterých byla očekávána (*Tab. 7*). Erythrosin fluoreskuje v neutrálním až zásaditém prostředí, kurkumin v kyselém až neutrálním prostředí a riboflavin v kyselém až slabě zásaditém prostředí.

Tab. 7 – ukázka fluorescence erythrosinu, kurkuminu a riboflavinu

	10% H ₂ SO ₄	ocet	Původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
erythrosin standard					
kurkumin koření FUCHS					
riboflavin Generica					

4.2. Didaktická část

V rámci didaktické části byly vytvořeny 4 pracovní listy, které tematicky navazují na výsledky experimentální části, jelikož se dotýkají problematiky barviv v potravinách. Pracovní listy jsou vhodné pro 7.–9. ročník ZŠ nebo nižší stupeň gymnázia. Ke každému ze 4 pracovních listů byla vytvořena také metodika pro učitele. Pracovní listy byly oproti pilotované verzi upraveny žáky sekundy až kvarty Gymnázia ALTIS.

Zpětná vazba žáků byla získána vyplněním krátkých dotazníků s uzavřenými i otevřenými odpověďmi (*Příloha 5*). Na základě zpětné vazby byly pracovní listy upraveny (*Příloha 6–9*).

4.2.1. Pracovní list Proč se barví potraviny?

Pracovní list obsahuje úvodní motivační text, na který navazuje otázka na postoje žáků vůči „éčkám“. Následuje práce se sedmiminutovým videem, k němuž se váže 5 otázek. V rámci přípravy na laboratorní práci se žáci seznámí se vzhledem a etiketami potravin a na základě pozorování vyplní přehlednou tabulku shrnující výsledky laboratorní práce. S vybranými potravinami dále pracují v laboratorní části, v rámci níž testují vliv přidaných činidel na vzhled extraktu barviva z potraviny. Na závěr žáci napíší svůj postoj k barvení potravin a na základě provedených experimentů vyberou nejodolnější barvivo. (*Přílohy 6*)

Metodika

Tematické zaměření: chemie a společnost, barviva v potravinách

Očekávané výstupy dle RVP ZV:

- Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost.
- Žák určí společné a rozdílné vlastnosti látek. [90]

Rozvíjené klíčové kompetence:

- k učení:
 - Žák samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry.
- k řešení problému:
 - Žák kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit.

- komunikativní
 - Žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory.
 - Žák obhajuje svůj názor a vhodně argumentuje.
- sociální a personální:
 - Žák účinně spolupracuje ve skupině.
- pracovní:
 - Žák používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení.
- digitální:
 - Žák ovládá běžně používaná digitální zařízení. [90]

Cíle:

- Žák na základě výsledků laboratorní práce formuluje svůj postoj k barvení potravin.
- Žák zaznamenává výsledky pozorování do tabulky a vyhodnocuje data.

Interdisciplinarita: výchova ke zdraví

Doporučený ročník žáků: 7.–9. ročník ZŠ, odpovídající ročníky na nižším gymnáziu

Didaktické materiály: dataprojektor, mobily/tablety s přístupem k internetu, pracovní listy, návody na přípravu roztoků (*Příloha 14*)

Pomůcky: stojan na zkumavky, zkumavky, kádinky, chemické lžičky, lihový fix, kapátka/pipety, váhy, navažovací lodičky, rukavice a ochranné pomůcky

Chemikálie: 10% kyselina sírová, ocet, 10% roztok jedlé sody, 10% roztok hydroxidu sodného, voda

- Nápoje a potraviny: práškový nápoj Ovoce s příchutí jahoda, malina, Fanta strawberry, tablety Ibalginu, sušené květy ibišku, růžová gelová barva Dr. Oetker, alkoholický nápoj Jelzin s příchutí jahoda

Bezpečnost práce: 10 % kyselina sírová a 10 % roztok hydroxidu sodného jsou žíravé látky. Žáci by měli pracovat v rukavicích.

Doporučená délka výuky: 90 minut

Navrhovaný průběh výuky:

Zahájení hodiny a přivítání s žáky, po kterém následuje organizační agenda. Po rozdělení pracovních listů vybraný žák přečte **úvodní motivační text**. Žáci jsou vyzváni

k vybarvení obrázku zmrzliny [91] a učitel se ptá žáků, jak vypadá jejich vybarvená zmrzlina – „*Jakou má barvu?*“ „*Vypadá lákavě?*“ „*Má podobnou barvu i doma připravená zmrzlina?*“. Další žák přečte druhý odstavec týkající se „*ěček*“ a žáci mají prostor odpovědět na otázky, kde o *ěčkách* slyšeli, kde je najdeme na potravině a jaký mají žáci na „*ěčka*“ názor.

Další částí je **práce s videem**. Učitel vyzve žáky, aby si před videem pročetli otázky a pokusili se na některé samostatně odpovědět. Poté učitel pustí na <https://www.youtube.com/watch?v=AffeZKAaulA> video *Ěčka – barvy* od začátku po čas 7:10, po videu dostanou žáci prostor na doplnění odpovědí na otázky (*Obr. 25*), pokud to nestihli v průběhu videa. Učitel s žáky společně zkontroluje odpovědi na otázky a dá prostor k doplňujícím otázkám. Třetí částí pracovního listu je **příprava na laboratorní práci**, v rámci níž se žáci rozdělí do pracovních skupin po 2–3 žácích a vyberou si tři stanoviště, na kterých jsou umístěné potraviny a nápoje. Žáci pracují se vzorkem potraviny nebo nápoje a popisují vzhled, vůni a atraktivitu. Na etiketě vyhledají název barviva a na stránce www.ferpotravina.cz zjistí škodlivost daného barviva. Tato stránka shrnuje důležité informace o přídatných látkách v potravinách a čerpá z odborných publikací. Žáci vše zpracují do tabulky.

Následuje **laboratorní práce**, v rámci níž žáci přebírají roli vědců z videa a zjišťují, jaké další faktory kromě vysoké teploty (zmíněno ve videu) ovlivní barvu potraviny. Dle návodu si z potraviny připraví roztok, ke kterému přidávají různá činidla (chlorid zinečnatý, 10% kyselinu sírovou, ocet, 10% roztok jedlé sody, 10% roztok hydroxidu sodného). Po přidavku činidel zapíší/zakreslí vzhled roztoku do tabulky. Na závěr žáci vyberou na základě pozorování jedno nejodolnější (a tedy nejvhodnější k barvení potravin) barvivo a tvrzení podloží argumenty. Žáci si uklidí své pracovní místo.

VIDEO ĚČKA - BARVY
Před videem si přečti následující otázky:

Viděli jste mnoho příkladů barvení potravin, jsou nějaké, které Vás překvapily?
CHLEB, KAVIÁRY, ZUBNÍ PASTA

Jaký je argument výrobců pro barvení potravin?
ZUŽŠÍ JEJICH PŘITAŽLIVOST

Popiš, jaký byl rozdíl ve vzhledu barveného sterilovaného hrášku a nebarveného?
BARVENÝ MĚL PŘITAŽLIVĚJŠÍ VZHLED (ZELENEJŠÍ)

Proč se hrášek steriluje (= zahřívá na vysokou teplotu)?
**BEZ BARVY SPÍŠE HMĚDÝ
ZMÍČÍ ENZYMY A BAKTERIE**

Jaká dvě barviva musíme smíchat, abychom dostali zelenou barvu?
E 102 + E 130 (MODRÉ A ŽLUTÉ)

Obr. 25 – Ukázka vyplněného pracovního listu – práce s videem

4.2.2. Pracovní list Jak změřit pH bez pH papírků?

Pracovní list slouží jako opakování laboratorní práce zaměřené na pH, je tedy předpokládána znalost měření pH pomocí pH papírků. Pracovní list obsahuje motivační úvodní text, na který navazují 3 otázky, v rámci nichž si žáci zopakují pojmy související s pH a použitím pH papírků. Následuje příprava na laboratorní práci, během níž si žáci připraví roztoky z potravin a nápojů, se kterými dále pracují, přičemž zkoumají změnu vzhledu barviv obsažených v potravinách v závislosti na pH. Žáci pracují s výsledky laboratorní práce a vyberou barvivo vhodné jako náhradu pH papírků. Na závěr formulují hlavní myšlenku laboratorní práce jako reflexi své práce. (Příloha 7)

Metodika

Tematické zaměření: pH, chemie a společnost, barviva v potravinách

Očekávané výstupy dle RVP ZV:

- Žák se orientuje na stupnici pH.
- Žák změří pH roztoku.
- Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami. [90]

Rozvíjené klíčové kompetence:

- k učení:
 - Žák samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry pro využití v budoucnosti.

- k řešení problému:
 - Žák vyhledá informace vhodné k řešení problému, nachází jejich shodné, podobné a odlišné znaky.
 - Žák kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit.
- komunikativní:
 - Žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory.
 - Žák obhajuje svůj názor a vhodně argumentuje.
- sociální a personální:
 - Žák účinně spolupracuje ve skupině.
- pracovní:
 - Žák používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení. [90]

Cíle:

- Žák na pH stupnici vyznačí kyselou, zásaditou a neutrální oblast.
- Žák na základě výsledků laboratorní práce vybere nejvhodnější barvivo jako pH indikátor a svůj výběr zdůvodní.

Doporučený ročník žáků: 7.–9. ročník ZŠ, odpovídající ročníky na nižším gymnáziu

Interdisciplinarita: výchova ke zdraví, výtvarná výchova

Didaktické materiály: pracovní listy

Pomůcky: pH papírky, kádinky, chemické lžičky, odměrný válec, zkumavky, stojan na zkumavky, lihový fix, kapátka / pipety, rukavice a ochranné pomůcky

Chemikálie: voda, ethanol, 10% kyselina sírová, ocet, 10% roztok jedlé sody, 10% roztok hydroxidu sodného

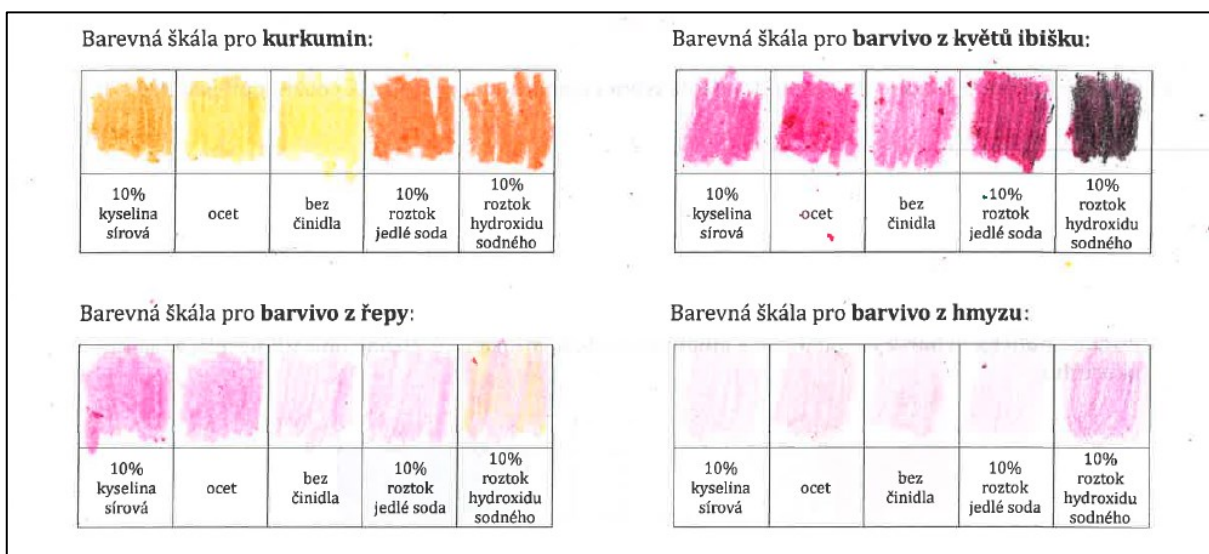
- Potraviny a nápoje: žluté lentilky M&M's / Orion barveno přírodou, sušené květy ibišku, práškový nápoj Ovocé s příchutí jahoda, malina, růžová gelová barva Dr. Oetker

Bezpečnost práce: 10 % kyselina sírová a 10 % roztok hydroxidu sodného jsou žíravé látky. Žáci by měli pracovat v rukavicích.

Doporučená délka výuky: 90 minut

Navrhovaný průběh výuky:

Zahájení hodiny a přivítání s žáky, po kterém následuje organizační agenda (zápis do třídnice, sdělení tématu a cílů dnešní výuky). Po rozdělení pracovních listů vybraný žák přečte **úvodní motivační text** (s obrázkem lišejníku [92]) a zadání první úlohy. Každý žák individuálně vysvětlí svými slovy pojmy související s tématem pH. Další žák přečte zadání druhé a třetí úlohy a každý žák sám popíše, jak se používají pH papírky, a dle rozdaných balení pH papírků si vybarví barevnou škálu pH papírků a vyznačí jednotlivé oblasti. Po přečtení textu o lišejnících se žáci rozdělí do skupin po 2–3 žácích a dle návodu si připraví roztoky na **laboratorní práci**. Pracují samostatně a dle návodu vypracují laboratorní část, v rámci které přidávají k připraveným roztokům barviv činidla (10% kyselinu sírovou, ocet, 10% roztok jedlé sody, 10% roztok hydroxidu sodného). Po přidavku činidel vybarví pastelkami prázdná políčka představující barevnou pH škálu daných barviv (*Obr. 26*). Poslední tři úlohy žáci vypracovávají ve skupině, jedná se o otevřené otázky. Závěrečných 10 minut je věnováno úklidu po laboratorní práci.



Obr. 26 – ukázka vyplněného pracovního listu – výsledky laboratorní práce

4.2.3. Pracovní list Syntetická a přírodní barviva

Pracovní list obsahuje motivační úvod, ve kterém je žákům představen rozdíl mezi přírodními a syntetickými barvivy. Následují dvě otevřené otázky, které mapují názory žáků na to, proč organismy a lidé vyrábí barviva. Další motivační text představuje odlišné vlastnosti syntetických a přírodních barviv, na což navazuje úloha, v rámci níž žáci porovnávají konkrétní potraviny barvené syntetickými nebo přírodními látkami. Ve čtvrté

otevřené otázky se mají žáci zamyslet nad zdroji přírodních barviv z běžného života. Příprava laboratorní práce zahrnuje nachystání roztoků přírodních a syntetických barviv a samotná laboratorní práce je koncipována jako zkoumání vlivu přídavku Sava na výslednou barvu roztoku. Poslední tři úlohy jsou věnovány interpretaci výsledků laboratorní práce a možných následků na životní prostředí. (Příloha 8)

Metodika

Tematické zaměření: syntetické látky, chemie a společnost, barviva v potravinách

Očekávané výstupy dle RVP ZV:

- Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
- Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami. [90]

Rozvíjené klíčové kompetence:

- k učení:
 - Žák samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry pro využití v budoucnosti.
- k řešení problému:
 - Žák kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit.
- komunikativní:
 - Žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory.
 - Žák obhajuje svůj názor a vhodně argumentuje.
- sociální a personální:
 - Žák účinně spolupracuje ve skupině.
- občanské:
 - Žák chápe základní ekologické souvislosti a environmentální problémy.
- pracovní:
 - Žák používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení. [90]

Cíle:

- Žák popíše na základě pozorování rozdíl ve vzhledu potravin barvených syntetickými a přírodními barvivami.
- Žák vlastními slovy zhodnotí vliv syntetických barviv na životní prostředí.

- Žák na základě výsledků laboratorní práce porovná rozdílné vlastnosti přírodních a syntetických barviv.

Doporučený ročník žáků: 7.–9. ročník ZŠ, odpovídající ročníky na nižším gymnáziu

Interdisciplinarita: výchova ke zdraví, environmentální výchova

Didaktické materiály: pracovní listy

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka / pipety, ochranné brýle, rukavice a ochranné pomůcky

Chemikálie: Savo (5% roztok chlornanu sodného)

- potraviny a nápoje: práškový nápoj Ovoce s příchutí malina a jahoda, sušené květy ibišku, růžová gelová barva Dr. Oetker, potravinářské barvivo červeně malinová a žlutě citronová, tablety Ibalginu, lentilky M&M's a lentinky Orion barveno přírodou

Bezpečnost práce: chlornan sodný je žíravá látka. Žáci by měli mít nasazené ochranné brýle a rukavice.

Doporučená délka výuky: 45 minut

Navrhovaný průběh výuky:

Na začátku hodiny proběhne přivítání a sdělení organizačních záležitostí. Po rozdání pracovních listů přečte vybraný žák **úvodní motivační text** (s obrázkem plameňáka [93]) a zadání prvních dvou úloh souvisejících s úvodem do tématu (*Obr. 27*). Další žák přečte krátký text o syntetických barvivech a žáci jsou vyzváni, aby přišli dopředu a porovnali vzhled lentilek Orion s lentilkami M&M's, na základě čehož si každý individuálně vyplní třetí a čtvrté cvičení. V rámci **přípravy laboratorní práce** si žáci připraví roztoky přírodních a syntetických barviv, se kterými budou dále pokračovat v rámci **laboratorní části**, které spočívá v přidání Sava k jednotlivým roztokům a zaznamenávání času potřebného k odbarvení roztoků. Žáci na základě zaznamenaného času odvodí odpovědi na pátou a šestou otázku, která se týká odolnosti barviva a důsledky pro životní prostředí. Na závěr mají žáci napsat **hlavní myšlenku**, kterou si z laboratorní práce odnáší, a uklidí své pracovní místo.

Barvy jsou všude okolo nás – v přírodě si barviva vyrábí samy rostliny nebo živočichové (např. plameňáci svému zbarvení vděčí oranžově zbarveným vodním korýšům). Barviva se však i ve velkém množství vyrábí člověkem (většinou z ropy) – takovým barvivům říkáme, že jsou syntetická (uměle vyrobená).



1) Proč si rostliny vyrábí barviva pro barvení květů a po odkvětu plodů, ačkoliv je to stojí spoustu energie?

Kvůli včelám, aby je opylovali. Aby květ vypadal lákavě pro jiné živočichy a ti trusem roznesli semena.

2) Proč lidé uměle vyrábí barviva? K čemu je dle Tvého názoru nejvíce využívají?

*Protože je to potravinářství, textilní, letectví, stavebnictví
více ekonomické než je získávat z přírodních zdrojů.*

Obr. 27 – ukázka vyplněného pracovního listu – motivační text a návazné otevřené otázky

4.2.4. Pracovní list Einsteinova hádanka

Pracovní list se věnuje barvivům formou Einsteinovy hádanky. Po krátkém motivačním úvodním textu mají žáci vyřešit jednoduchou hádanku, aby se seznámili s principem řešení. Následuje laboratorní část, v rámci které žáci nasbírají informace o reaktivitě neznámých roztoků A, B, C. Tyto poznatky přehledně zaznamenají do tabulky a následně využijí v části Einsteinova hádanka, v rámci níž dávají do souvislosti výsledky laboratorní práce s 10 nápovědami, za pomoci nichž musí přiřadit k neznámému roztoku název, škodlivost, použití a zajímavost. Na závěr žáci shrnou, co se laboratorní prací naučili. (Příloha 9)

Metodika

Tematické zaměření: barviva v potravinách, logické úlohy

Očekávané výstupy dle RVP ZV:

- Žák pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami. [90]

Rozvíjené klíčové kompetence:

- k učení:
 - Žák samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry pro využití v budoucnosti.
- k řešení problému:
 - Žák využívá získané vědomosti a dovednosti k objevování různých variant řešení, nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému.

- Žák samostatně řeší problémy; volí vhodné způsoby řešení; užívá při řešení problémů logické, matematické a empirické postupy.
- sociální a personální:
 - Žák účinně spolupracuje ve skupině.
- pracovní:
 - Žák používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení. [90]

Cíle:

- Žák vyřeší Einsteinovu hádanku na základě výsledků laboratorní práce.
- Žák zaznamenává výsledky laboratorní práce do tabulky, se kterou poté dále pracuje, a informace dává do souvislostí.

Doporučený ročník žáků: 7.–9. ročník ZŠ, odpovídající ročníky na nižším gymnáziu

Interdisciplinarita: matematika (logické myšlení)

Didaktické materiály: pracovní listy

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka / pipety, UV baterky, rukavice a ochranné pomůcky

Chemikálie: 10% kyselina sírová, 10% roztok hydroxidu sodného

- potraviny a nápoje: alkoholický nápoj Jelzin jahodový, růžová gelová barva Dr. Oetker, tablety Ibalgin

Bezpečnost práce: 10 % kyselina sírová a 10 % roztok hydroxidu sodného jsou žíravé látky. Žáci by měli pracovat v rukavicích.

Doporučená délka výuky: 90 minut

Navrhovaný průběh výuky:

Na začátku hodiny proběhne přivítání a sdělení organizačních záležitostí. Po rozdání pracovních listů přečte vybraný žák **úvodní motivační text** (s obrázkem Alberta Einsteina [94]) a zadání **jednoduché** Einsteinovy **hádanky** (převzato z [95]), kterou řeší žáci individuálně. Nejrychlejší žák nakreslí správné řešení na skrytou část tabule, která se ostatním žákům ukáže až po uplynutí času potřebného k vyřešení. Poté učitel s žáky projde správné řešení a probere s žáky jejich strategii při řešení této hádanky. Následuje **laboratorní část**, v rámci níž žáci zjišťují reaktivitu tří neznámých roztoků A, B, C a výsledky pozorování si zapisují do tabulky, se kterou dále pracují v části **hádanky**. V této části mají žáci 10 informací, které musí propojit s výsledky laboratorní práce a k neznámým roztokům na základě získaných informací přiřadit název, škodlivost,

použití a zajímavost k barvivu. Na závěr žáci shrnou, co se touto laboratorní prací naučili (Obr. 28), a uklidí své pracovní místo.

Napiš, co ses touto laboratorní prací naučil/a.

- jak nebezpečná jsou ~~možná~~ množství barviv
- všechno se vyrobí a na co se ~~pro~~ používají
- jak je ~~ke~~ ^{na} používat

Obr. 28 – ukázka vyplněného pracovního listu – shrnutí práce

4.2.5. Pilotáž pracovních listů

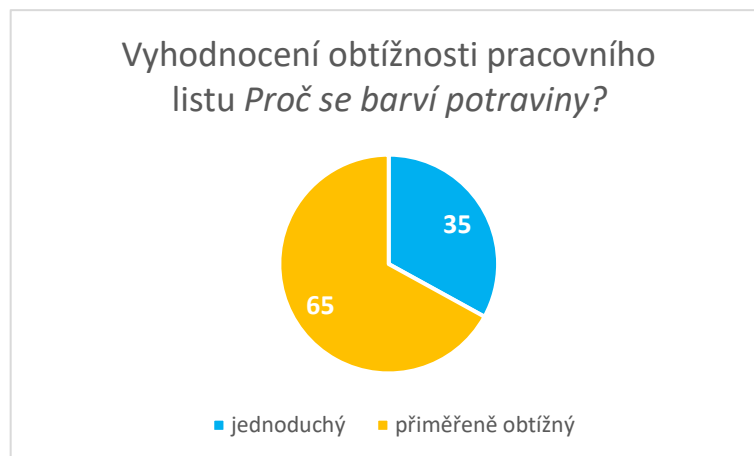
Pracovní listy byly odpilotovány ve výuce chemie na Gymnáziu ALTIS, pilotáže se účastnilo 23 žáků sekundy (pracovní list *Proč se barví potraviny?*), 25 žáků tercie (pracovní list *Jak se měří pH bez pH papírků?*), 26 žáků kvarty (pracovní list *Syntetická a přírodní barviva*) a 19 žáků sekundy (pracovní list *Einsteinova hádanka*). Po vyplnění pracovních listů žáci vyplnili dotazníky se zpětnou vazbou (Příloha 5). Data získaná z těchto dotazníků jsou popsána v podkapitole vyhodnocení dotazníků.

Dotazníky

V rámci papírového dotazníku (Příloha 5) hodnotili žáci 2 tvrzení a měli odpovědět na otevřenou otázku. U prvního tvrzení „Pracovní list vnímám jako:“ vybírali ze škály pěti úrovní (a – velmi jednoduchý, b – jednoduchý, c – přiměřeně obtížný, d – obtížný, e – velmi obtížný). U druhého tvrzení „Pracovní list měl přesah do běžného života.“ žáci rozhodovali, zda s tvrzením souhlasí (ano), nebo nesouhlasí (ne). Rozšiřující otevřená otázka cílila na zdůvodnění své odpovědi. Třetí otázka měla za cíl napsat zpětnou vazbu, která cílí na vylepšení pracovního listu.

Proč se barví potraviny? – vyhodnocení dotazníků

Pracovní list byl ověřen 23 žáky sekundy. Na otázku: „Pracovní list vnímám jako:“ odpovědělo 65 % přiměřeně obtížný a 35 % žáků jako jednoduchý, zbylé možnosti nebyly zvoleny (Graf 1).



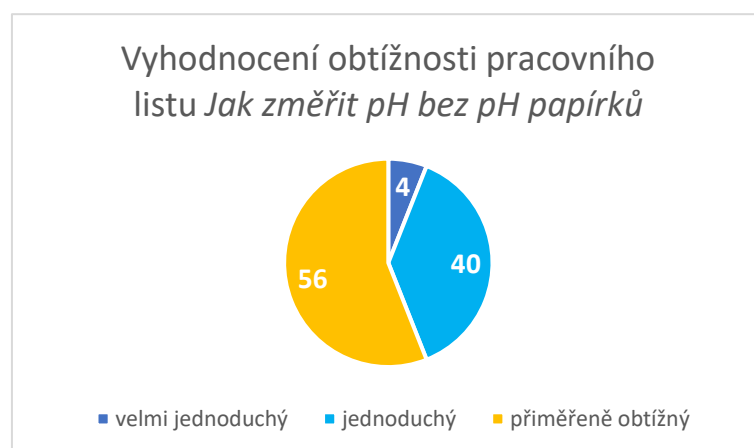
Graf 1 vyhodnocení obtížnosti pracovního listu *Proč se barví potraviny?*

83 % žáků uvedlo, že pracovní list měl přesah do běžného života a 17 % uvedlo, že přesah do běžného života neměl. Svou kladnou odpověď zdůvodnili například tvrzením: „Jednalo se o éčka, se kterými se běžně setkáváme. A aspoň víme, jak např. barviva fungují.“ nebo „Hodí se vědět více o tom, co jíme.“

Zpětnou vazbu k vylepšení uvedli pouze 3 žáci s komentářem, že se jim líbilo video a rádi by jej zhlédli celé.

Jak změřit pH bez pH papírků – vyhodnocení dotazníků

Pracovní list byl ověřen 25 žáky tercie. 56 % žáků vnímá pracovní list jako přiměřeně obtížný, 40 % žáků jako jednoduchý a 4 % jako velmi jednoduchý. Zbylé možnosti nebyly vybrány (Graf 2).



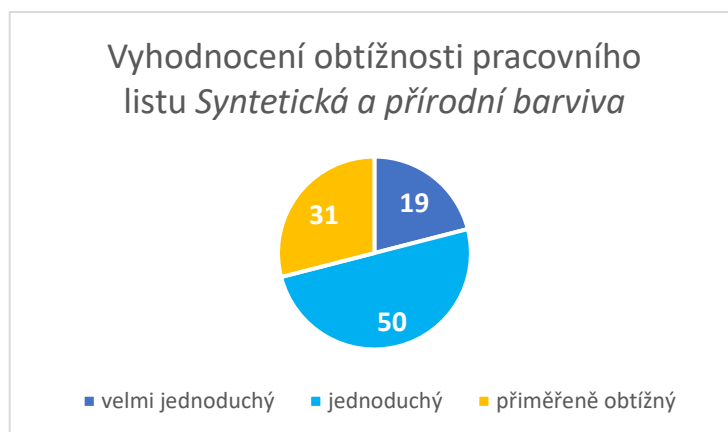
Graf 2 – Vyhodnocení obtížnosti pracovního listu *Jak změřit pH bez pH papírků*

56 % žáků uvedlo, že má pracovní list přesah do běžného života. 44 % žáků zvolilo opačnou možnost. Z kladných odpovědí byly vybrány například: „*Měla, abychom viděli, jak se třeba nějaké nápoje zbarvují.*“ a „*Zjistili jsme, co se stane, když přidáme látku do barviv.*“.

V rámci zpětné vazby k vylepšení pracovního listu žáci uvedli, že instrukce byly jasné a srozumitelné, avšak příště by zvolili atraktivnější téma.

Syntetická a přírodní barviva – vyhodnocení dotazníků

Pracovní list byl ověřen 26 žáky kvarty. Na otázku: „Pracovní list vnímám jako:“ odpovědělo 50 % jednoduchý, 31 % žáků jako přiměřeně obtížný a 19 % žáků jako velmi jednoduchý. Zbylé možnosti nebyly zvoleny (*Graf 3*).

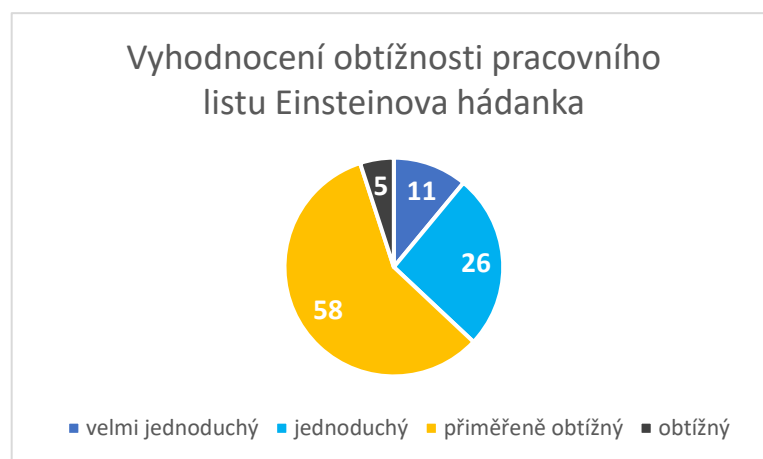


Graf 3 Vyhodnocení obtížnosti pracovního listu Syntetická a přírodní barviva

85 % žáků uvedlo, že pracovní list měl přesah do běžného života a 15 % žáků uvedlo, že pracovní list nemá přesah do běžného života. Kladnou odpověď zdůvodnili například tvrzením: „*Zjistila jsem, že Savo velmi rychle odbarví i tepláky*“ nebo „*Je to dobré vědět rozdíl mezi syntetickou a přírodní barvou, protože je používáme i v běžném životě.*“ Zpětnou vazbu k vylepšení uvedla pouze 1 žákyně s komentářem, že ačkoliv byla laboratorní část jednoduchá, potřebovala by více času na vyhodnocení experimentů.

Einsteinova hádanka s červenými barvivy – vyhodnocení dotazníků

Pracovní list byl ověřen 19 žáky sekundy. Na otázku: „Pracovní list vnímám jako:“ odpovědělo 58 % přiměřeně obtížný, 26 % žáků jako jednoduchý, 11 % jako velmi jednoduchý a 5 % jako obtížný (*Graf 4*).



Graf 4 Vyhodnocení obtížnosti pracovního listu Einsteinova hádanka

53 % žáků uvedlo, že pracovní list neměl přesah do běžného života, 47 % se vyjádřilo opačně.

5. Diskuze

5.1. Diskuze teoretické části

Teoretická část je zaměřena na obecnou charakteristiku vybraných červených a žlutých barviv. U každého barviva byla uvedena obecná charakteristika a především reaktivita s činidly objevujícími se v praktické části. Ne u všech barviv se však podařily dohledat všechny informace ohledně reaktivity, což je dále diskutováno v diskuzích jednotlivých kapitol praktické části. Ke každému barvivu (kromě chloridu železitého) byla v programu ChemSketch vytvořena jeho struktura.

Součástí teoretické části je rešerše závěrečných prací a odborné literatury, které obsahují experimenty s vybranými červenými a žlutými barvivy. U uvedených závěrečných prací bylo popsáno, zda obsahují pracovní listy, či nikoliv. Tento aspekt byl zkoumán z důvodu získání přehledu o využití barviva formou laboratorní práce podpořené pracovními listy. Je důležité zmínit, že nebyly analyzovány všechny závěrečné práce a odborné publikace a nejedná se tedy o statisticky významné vyhodnocení (Tab. 8)

Tab. 8 souhrn počtu závěrečných prací obsahujících pracovní listy s barvivem

látka vyskytující se v závěrečné práci	počet prací obsahující pracovní listy / celkový počet prací
azorubin	2 / 7
betanin	3 / 4
červeň Allura AC	0 / 0
erythrosin	0 / 0
kyanidin	1 / 1
kyselina karmínová	2 / 3
Ponceau 4R	0 / 2
hexakyanidoželezitan draselný	1 / 3
chlorid železitý	0 / 2
kurkumin	4 / 7
lutein	0 / 0
riboflavin	2 / 6
tartrazin	1 / 4

Z tabulky vyplývá, že se v závěrečných pracích vyskytují látky běžně dostupné v potravinách – např. azorubin a tartrazin, které jsou obsaženy v potravinářském barvivu, nebo kurkumin a betanin, které lze extrahovat z potravin nebo koření. Případně také riboflavin, který je prodáván jako doplněk stravy. Naopak syntetické látky jako červeň Allura nebo erythrosin není v závěrečných pracích zastoupen nejspíše z důvodu vyšší škodlivosti. U kyanidinu a luteinu je nízké zastoupení nejspíše dáno skutečností, že se v rostlinách vyskytují ve směsích s dalšími barvivy a je obtížné je izolovat samotné.

5.2. Diskuze praktické části

Každá z kapitol uvedených v praktické části je diskutována v diskuzi praktické části jednotlivě.

Experimentální část

5.2.1. Příprava červených a žlutých roztoků

Postupy přípravy červených a žlutých roztoků, které byly popsány v praktické části, je vhodné dodržet především při přípravě chemikálií k pracovnímu listu Einsteinova hádanka, aby bylo dosaženo přibližně stejného barevného odstínu všech roztoků.

V případě dalších pracovních listů není zcela nutné dodržet přesnou koncentraci, jelikož cílem je především prokázat barevné změny při chemických reakcích.

Některé roztoky vykazují odchylku odstínu od ostatních roztoků např. roztok tablety *Ibaldinu*, jelikož ve filtrátu je stále obsažen oxid titaničitý, ačkoliv jsem očekávala, že by se měl zachytit na filtru, takže roztok vykazuje růžovou barvu a je mírně zakalený.

Při přípravě na laboratorní práce je nutné vzít v potaz větší časovou náročnost přípravy některých roztoků, např. u směsí, které je nutno přefiltrovat, nebo např. u strouhání řepy. U lentilek výrobce *LKstore* probíhala extrakce do vodného prostředí delší čas vzhledem ke špatné rozpustnosti riboflavinu ve vodě.

Co se týče uchovávání roztoků, většina z nich je velmi stabilních (obecně azobarviva) a tím pádem i relativně dlouho trvanlivých, avšak některé jsou fotosenzitivní – např. betanin [15], riboflavin [79], kyanidin [1], takže není doporučeno je skladovat na světlém místě, protože jinak dojde k zesvětlení roztoků již během několika dní. Velký vliv na uchovávání roztoků má také přítomnost aditivních látek, které jsou do roztoků extrahovány spolu s barvivy. Jedná se například o sacharosu a další látky, které urychlují degradaci nebo umožňují růst plísní - např. produkty *Ovocé*, *Fanta strawberry*. Vodný extrakt ze sušených květů ibišku již po 4 dnech vykazoval plíseň stejně jako extrakt betaninu a kyseliny karmínové extrahované z červců.

Některá barviva vykazovala menší rozpustnost ve vodě, například kyselina karmínová, u které se i v případě přípravy standardu usazovala sraženina na dně. Dalším aspektem, který je třeba vzít v potaz jsou bublinky oxidu uhličitého v nápoji *Fanta strawberry*.

U jednotlivých produktů je uvedeno i složení, jelikož přídavné látky velmi ovlivňují reaktivitu a životnost barviv. Příkladem je kyselina L-askorbová, která se vyskytuje např. v ovocném práškovém nápoji *Ovocé* a má silné redukční účinky.

5.2.2. Acidobazické vlastnosti roztoků



















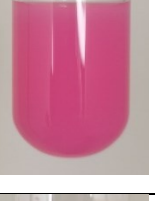
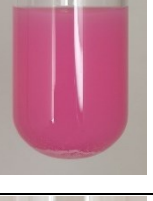





Barevné změny v závislosti na pH byly v teoretické části popsány u azorubinu [1], betaninu [14], červeně Allury AC [24], erythrosinu [34], kyseliny karmínové [1], kyanidinu [14], Ponceau 4R [24], kurkuminu [1], luteinu [75], riboflavinu [79] a tartrazinu [1]. U chloridu železitého byly dohledány pouze specifické reakce s činidly [60].
















V souladu s teoretickými poznatky reagoval: azorubin, betanin, červeň Allura AC, erythrosin, kyanidin, Ponceau 4R, kyselina karmínová, Ponceau 4R, kurkumin, a lutein.

Odlišně oproti teoretickým poznatkům reagoval riboflavin, jehož barva se v zásaditém prostředí nezměnila, ačkoliv by mělo docházet k degradaci. Tartrazin si měl naopak v zásaditém prostředí uchovat svou barvu, ale v případě standardu došlo při vysokém pH ke ztmavnutí roztoku.

Acidobazické vlastnosti barviv byly otestovány jak na vzorcích potravin, tak na standardech. Porovnání reaktivity barviv v potravinách oproti standardům ukázalo odchylky v reaktivitě (Tab. 9)

Tab. 9 – porovnání standardů barviv oproti extraktům z potravin po přidavku činidel

	10% H ₂ SO ₄	ocet	Původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
červeň Allura AC standard					
červeň Allura AC Fanta strawberry					
erythrosin standard					
erythrosin Ibalgin					
Ponceau 4R standard					

Ponceau 4R Jelzin jahodový					
tartrazin standard					
tartrazin AROCO žluť citronová					

V tabulce 9 je znázorněna odlišnost reaktivity červeně allury AC s roztokem hydroxidu sodného, standard tohoto barviva získá tmavší odstín, zatímco červeně allura AC ve Fantě zesvětluje. Také standard erythrosinu nevykazuje oproti roztoku erythrosinu extrahovaného z Ibalginu zesvětlení v kyselém prostředí. Standard Ponceau 4R a standard tartrazinu vykazují v prostředí hydroxidu sodného ztmavnutí, což u Ponceau 4R v alkoholickém nápoji Jelzin a v potravinářském barvivo žluť citronová nepozorujeme. Tyto odlišnosti mohou být způsobeny aditivy v nápoji *Fanta* (např. kyselina citronová, fruktosový sirup), tableti *Ibalginu* (oxid titaničitý), alkoholickém *Jelzinu* (kyselina citronová) a práškovém barvivo (síran sodný).

Ke změně barvy dochází ve všech případech ihned po přidání činidla, avšak některé roztoky vykazují další barevné změny s odstupem času. Mezi takové barvivo patří např. standard erythrosinu, ve kterém se již po 15 minutách vytvoří sraženina po přidavku kyseliny sírové.












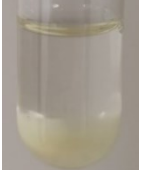
Tvorba bublinek po přidání jedlé sody do roztoku betaninu z práškového nápoje *Ovocé* a luteinu v citronovém sirupu *Hello* bylo pravděpodobně zapříčiněno přítomností přídatné látky kyseliny citronové, která s jedlou sodou reaguje za vzniku oxidu uhličitého a citrónanu sodného.

5.2.3. Reakce s chloridem zinečnatým a dihydrátem chloridu cínatého









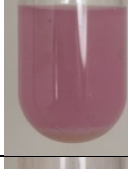




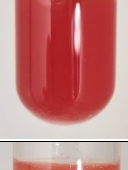





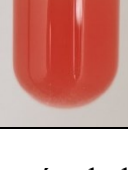

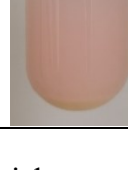

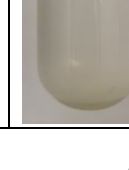
Barevné změny způsobené přidavkem dihydrátu chloridu cínatého byly v teoretické části popsány u azorubinu [1], kyseliny karmínové [43], kurkuminu [1], kyanidinu [1] a chloridu železitého [60]. Barevné změny provedených experimentů odpovídaly teoretickým poznatkům. U zbývajících barviv nebyla reaktivita s dihydrátem chloridu cínatého, ani s chloridem zinečnatým dohledána. Reakce s chloridem zinečnatým byla v teoretické části uvedena pouze u kurkuminu. [1]

Reakce s dihydrátem chloridu cínatého byla ověřena jak na standardech, tak na roztocích připravených z produktů. Většina látek vykazovala podobné barevné změny jak v případě standardu, tak v případě extraktu z potraviny – např. tartrazin reagoval stejně ve formě standardu i v potravinářském barvivu AROCO žluť citronová (Tab. 10). Odlišně reagoval betanin extrahovaný z červené řepy a betanin extrahovaný z produktu Ovoce – jahoda, malina. Také standard červeně Allury AC oproti nápoji Fanta strawberry vykazovala odlišné zbarvení, standard si déle udržel své zbarvení (Tab. 11).

Tab. 10 – shodná reaktivita tartrazinu u standardu a u extraktu z barviva AROCO






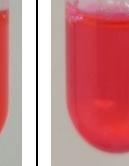
	původní vzhled	ihned po přidavku 0,2 g SnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přidavku 0,3 g SnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
tartrazin AROCO žluť citronová						
tartrazin standard						

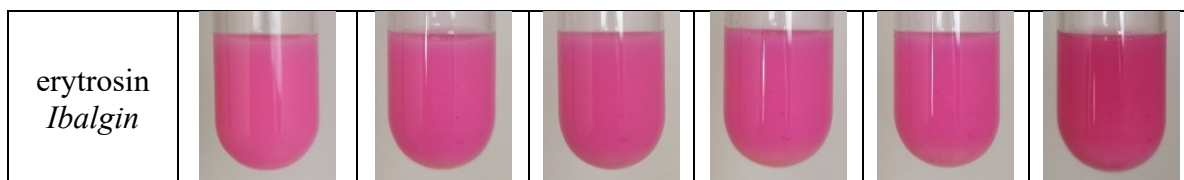
Tab. 11 odlišná reaktivita u standardu a u produktu betaninu a červeně Allury AC

	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g SnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přídavku 0,3 g SnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
betanin červená řepa						
betanin Ovocé						
červeně Allura AC standard						
červeně Allura AC Fanta strawberry						





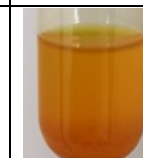
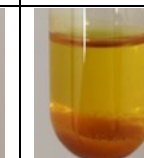




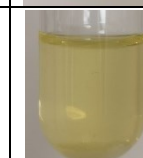
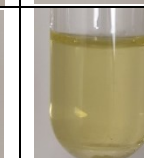









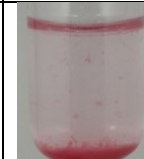


Reakce s chloridem zinečnatým byla také ověřena jak na standardech, tak na roztocích připravených z produktů. Většina látek vykazovala podobné barevné změny jak v případě standardu, tak v případě extraktu z potravin – např. erythrosin si uchoval svou barvu jak ve formě standardu, tak v extraktu z potahové vrstvy *Ibalginu* (Tab. 12). Odlišně reagoval lutein extrahovaný ze sušených květů aksamitníku oproti luteinu v citronovém sirupu *Hello*. Kyselina karmínová získaná z červců reagovala odlišně oproti kyselině karmínové extrahované z růžové barvy *Dr. Oetker*. Tato odlišná reaktivita může být zapříčiněná aditivními látkami obsaženými ve výrobcích (Tab. 13)

Tab. 12 – shodná reaktivita standardu erythrosinu a u extraktu z tablety Ibalginu

	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g ZnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přídavku 0,3 g ZnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
erythrosin standard						



Tab. 13 – odlišná reaktivita standardů luteinu a kyseliny karmínové oproti produktům

	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g ZnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přídavku 0,3 g ZnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
lutein aksamitník						
lutein sirup <i>Hello</i> citron						
kyselina karmínová červci						
kyselina karmínová gelová barva						











5.2.4. Reakce s chlornanem sodným

Barevné změny vyvolané přidavkem chlornanu sodného byly v teoretické části popsány u azorubinu [10], betaninu [16], červeně Allury AC [25], erythrosinu [37], kyanidinu [40], kurkuminu [65], luteinu [77] a tartrazinu [87]. Přičemž reaktivita odpovídala teoretickým poznatkům uvedených v teoretické části. Reakce zbývajících barviv s chlornanem sodným nebyla dohledána.

Reaktivita barviv extrahovaných z nápojů a potravin byla porovnávána se standardem barviva. Odlišnosti vykazoval kurkumin a kyselina karmínová. Kurkumin extrahovaný z koření *FUCHS* sloužil jako standard a došlo pouze k zesvětlení roztoku, zatímco u kurkuminu extrahovaného z lentilek *Orion* nebo *M&M's* došlo k úplnému odbarvení

roztoku. U kyseliny karmínové extrahované ze sušených těl červců nopálových došlo po přidavku chlornanu sodného k zežloutnutí, u kyseliny karmínové obsažené v růžové gelové barvě *Dr. Oetker* došlo k naprostému odbarvení (*Tab. 14*). Změny by mohly být způsobeny odlišnou koncentrací roztoků, přestože se odstíny připravených roztoků jevíly podobné. U gelové barvy *Dr. Oetker* je pouhým okem patrný rozdíl v odstínu červené barvy.

Tab. 14 – reakce s chlornanem sodným – standard oproti extraktu z potraviny

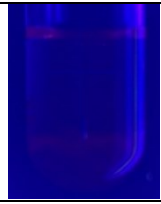

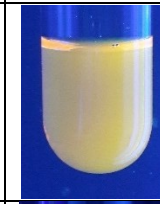
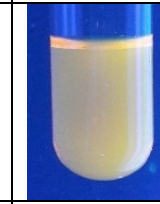
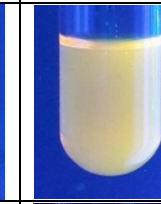


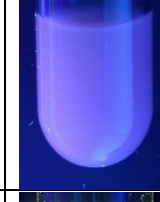

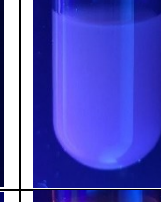
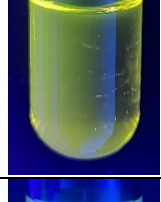
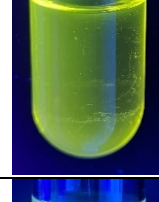

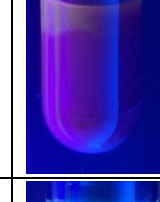
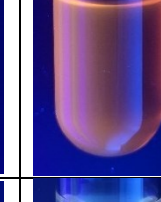

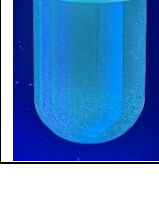


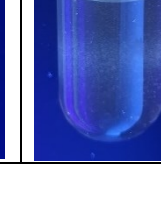
	Původní vzhled	Přídavek Sava
kurkumin koření FUCHS		
kurkumin lentilky Orion		
kurkumin M&M's		
kyselina karmínová červci		
kyselina karmínová gelová barva		

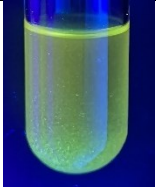
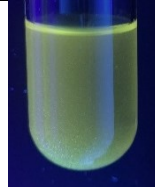
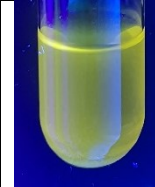
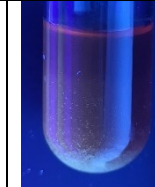
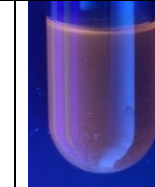


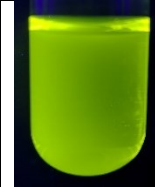

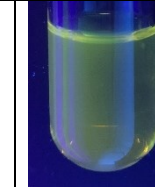


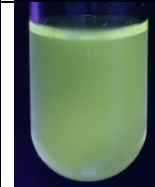
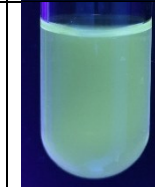
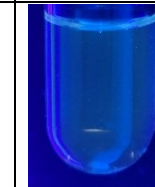
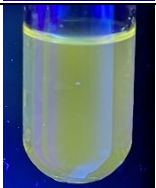


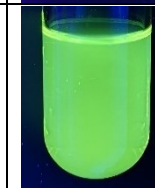
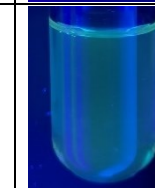
5.2.5. Fluorescence vyvolaná UV

Fluorescence byla v teoretické části popsána u erythrosinu, kurkuminu a riboflavinu. Výsledky experimentální části odpovídaly teoretickým poznatkům uvedeným v teoretické části. Zbývající látky nevykazovaly fluorescenci.

Fluorescence barviv extrahovaných z potravin a nápojů byla ověřena na standardech barviv. Příkladem může být erythrosin, jehož standard vykazoval fluorescenci v neutrálním až zásaditém prostředí, zatímco extrakt z potahové vrstvy tablety Ibalginu nefluoreskoval, což může být dáno složením potahové vrstvy, která obsahuje kromě erythrosinu také oxid titaničitý. Tato látka se může podílet na zhášení fluorescence erythrosinu. Odlišná fluorescence je pozorována také u kurkuminu extrahovaného z koření *FUCHS* a *M&M's* lentilek oproti lentilkám *Orion*, které takřka nefluoreskují a je tedy otázkou, kolik procent potahové vrstvy žluté lentilky tvoří kurkumin a kolik karoteny. Riboflavin extrahovaný z tablety riboflavinu vykazuje velmi podobnou fluorescenci jako riboflavin extrahovaný z ananasového pudingu Dr. Oetker. Odlišnou reaktivitu oproti těmto extraktům vykazuje riboflavin extrahovaný z lentilek výrobce LKstore, ačkoliv by potahová vrstva měla dle složení obsahovat pouze lešticí látky – karnaubský vosk a šelak. (Tab. 15)

Tab. 15 porovnání fluorescence standardů oproti extraktu z potravin

	10% H ₂ SO ₄	ocet	původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
erythrosin standard					
erythrosin Ibalgin					
kurkumin koření FUCHS					
kurkumin lentilky Orion					

kurkumin M&M's					
riboflavin Generica					
riboflavin lentilky LKstore					
riboflavin puding Dr. Oetker ananas					

5.3. Diskuze pracovních listů

Na základě pilotáže a zpětné vazby v podobě výsledků dotazníkového šetření (kapitola *Pilotáž pracovních listů*) byly pracovní listy upraveny do finální podoby (*Příloha 6–9*). Součástí příloh jsou také autorská řešení (*Příloha 10-13*). Podkapitola *Komentář k pilotáži* shrnuje zkušenosti nabitě v rámci pilotáže na Gymnáziu ALTIS a krátký komentář k výsledkům dotazníkového šetření. Ke každému pracovnímu listu jsou uvedeny také možné rozvíjené klíčové kompetence, ne všechny však musí být u každého žáka rozvíjeny.

5.3.1. Komentář k pilotáži

Pracovní list Proč se barví potraviny?

Na otázku „*Jaký je tvůj názor na éčka?*“ většina žáků sekundy nedokázala odpovědět, jelikož se s éčky ještě nesešli a nezastávají žádný názor. Pracovní list je určen pro žáky 7.–9. ročníku, otázka byla tedy v pracovním listu ponechána za předpokladu, že žáci vyšších ročníků by již otázku dokázaly zodpovědět.

V pracovním listu nebylo explicitně zmíněno, že skóre škodlivosti je uvedeno na stránkách www.ferpotravina.cz. Žáci si tedy skóre domýšleli na základě vzhledu

potravin, což neodpovídalo skutečnosti. Informace, že skóre škodlivosti najdou na stránce www.ferpotravina.cz, byla zpracována do finální podoby pracovního listu.

Mezi potravinami byly umístěny i sušené květy ibišku, u kterých nebylo uvedeno složení a žáci nevěděli, jaké éčko mají vyplnit do tabulky. Sušené květy ibišku byly vyjmuty z nabídky potravin a nápojů, se kterými žáci dělali pokusy.

Pracovní list považovalo 65 % žáků za přiměřeně obtížný, 35 % jako jednoduchý. Z toho důvodu nebyl pracovní list upravován z hlediska náročnosti. Dále 83 % žáků uvedlo, že pracovní list má přesah do běžného života.

Pracovní list Jak změřit pH bez pH papírků?

Žáci tercie měli problém bez pomoci pochopit zadání páté otázky „*Které barvivo se nejvíce hodí k barvení kyselých nápojů – např. Coca Cola?*“ Svě odpovědi formulovali ve smyslu „*nejvíce kyselina karmínová, má nejpodobnější barvu jako Coca Cola.*“ Tato otázka byla přesunuta na samotný konec pracovního listu a nadepsána jako bonusová.

Obtížnost pracovního listu zhodnotilo 56 % žáků jako přiměřeně obtížný, 40 % jako jednoduchý a 4 % jako velmi jednoduchý, ačkoliv jen 3 žáci vyplnili výše zmíněnou pátou otázku správně. Z tohoto důvodu nebyla obtížnost pracovního listu změněna a pouze pátá otázka byla označena jako bonusová. Pouze 56 % uvedlo, že pracovní list má přesah do běžného života. U doplňující podotázky zazněl např. argument „*V běžném životě nebudu lít kyselinu do sirupu.*“, případně u třetí otázky zazněla odpověď: „*Příště bych zvolila atraktivnější téma.*“

Pracovní list Syntetická a přírodní barviva

Na první otázku „*Proč si rostliny vyrábí barviva pro barvení květů a po odkvětu plodů, ačkoliv je to stojí spoustu energie?*“ většina žáků kvarty neznalo odpověď, avšak návodnými otázkami učitele si žáci dokážou na odpověď sami přijít.

Tento pracovní list vnímá 50 % žáků jako jednoduchý, 31 % jako přiměřeně obtížný a 19 % jako velmi jednoduchý. Zde však nemusí být přílišná jednoduchost pracovního listu na škodu, protože jednoduché provedení nezastíní hlavní myšlenku, kterou si mají žáci z laboratorní práce odnést. Dle 85 % žáků má pracovní list přesah i do běžného života, což se projevilo i na odpovědích žáků.

Pracovní list Einsteinova hádanka

Poměr laboratorní práce ku vypracování hádanky byl zhruba 30 minut ku 40 minutám, přičemž laboratorní práce má především motivační charakter. Tento pracovní list nebyl upravován.

Pro 58 % žáků byl pracovní list přiměřeně obtížný, pro 26 % žáků jednoduchý, 11 % označilo pracovní list jako velmi jednoduchý a 5 % jako obtížný. Z hlediska obtížnosti úloh tedy nebyl pracovní list dále upravován. Dále 53 % žáků uvedlo, že pracovní list neměl přesah do běžného života. Toto číslo je vysoké nejspíše z důvodu nízké časové dotace na experimentování, neboť většinu času žákům zabralo řešení hádanky.

6. Závěr

V rámci diplomové práce byly stanoveny tyto cíle:

1. Literární rešerše reaktivity vybraných červených a žlutých barviv.
2. Literární rešerše závěrečných prací a odborných publikací, věnující se experimentům s vybranými červenými a žlutými barvivami.
3. Ověření a fotodokumentace experimentů s vybranými červenými a žlutými barvivami ve formě extraktů ze snadno dostupných produktů.
4. Vytvoření 4 pracovních listů pro ZŠ, které se věnují experimentům se snadno dostupnými barvivami a mají přesah do běžného života.
5. Ověření 4 pracovních listů a jejich úprava na základě zpětné vazby od žáků.

Teoretická část slouží díky literární rešerši jako přehled vybraných červených a žlutých barviv. U každého barviva je popsána jeho reaktivita s činidly, která jsou použita v praktické části, dále je uvedena jeho struktura a uplatnění v běžném životě. Nedílnou součástí teoretické části je i zmapování závěrečných prací a odborných publikací, které popisují experimenty s danými barvivami.

Díky znalostem reaktivity barviv a jejich uplatnění v experimentech z teoretické části mohly být v praktické části navrženy experimenty s činidly. Těmto činidlům byla vystavena všechna barviva jak ve formě standardu, tak ve formě extraktu z běžně dostupných produktů. Barevné změny po přidavku činidla byly zachyceny na fotografiích, které slouží jako fotografický přehled reaktivity a jsou součástí příloh.

V didaktické části byly na základě ověřených experimentů s vybranými barvivami navrženy pracovní listy s experimentální tematikou. Žáci pracovali s barvivami ve formě extraktu z potravin a nápojů, což má podpořit propojení výuky chemie s běžným životem. Ke všem pracovním listům je také uvedena metodika shrnující materiální nároky na realizaci výuky s pracovními listy a také provázanost s RVP ZV.

Žáci po pilotáži pracovních listů vyplnili dotazník jakožto zpětnou vazbu, na základě které byly pracovní listy upraveny do finální podoby a jsou součástí příloh.

7. Použitá literatura

- [1] VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin II*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [2] HERKOMMEROVÁ, K. a I. PICHOVÁ. Biodegradace textilních barviv v odpadních vodách pomocí lakas. *Chemické listy*. 2017, **111**(12), 798–803. ISSN 1213-7103.
- [3] LEULESCU, M., A. ROTARU a A. MOANTA. Azorubine: physical, thermal and bioactive properties of the widely employed food, pharmaceutical and cosmetic red azo dye material. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2021, **143**(6), 3945–3967. ISSN 1388-6150. Dostupné z: doi:10.1007/s10973-021-10618-4
- [4] AROCAS, A. a P. VARELA. Differences in Colour Gamut Obtained with Three Synthetic Red Food Colourants Compared with Three Natural Ones: pH and Heat Stability. *International Journal of Food Properties* [online]. 2013, **16**(4), 766–777. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1080/10942912.2011.565537
- [5] VLASE, T., G. VLASE a N. DOCA. Thermal behaviour of some industrial and food dyes. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2007, **88**(2), 389–393. ISSN 1388-6150, 1572-8943. Dostupné z: doi:10.1007/s10973-006-8013-4
- [6] JORDÁNOVÁ, E. *Využití chromatografie ve výuce chemie*. Plzeň, 2016. Diplomová práce. Katedra chemie, Pedagogická fakulta Západočeské univerzity v Plzni. Vedoucí práce Doc. Mgr. Václav Richtř, CSc.
- [7] KRAPEŽ, V. *Chemické mýty*. Brno, 2019. Diplomová práce. Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Vedoucí práce Mgr. Jaromír Literák, Ph.D.
- [8] STRNADOVÁ, H. *Potrava, přídatné látky a lidské zdraví v učivu chemie*. Praha, 2008. Bakalářská práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce RNDr. Renata Šulcová.
- [9] TURČOVÁ, A. *Využití fotometrie ve výuce chemie na všech stupních škol*. Plzeň, 2016. Diplomová práce. Katedra chemie, Pedagogická fakulta Západočeské univerzity v Plzni. Vedoucí práce Ing. Jan Hrdlička Ph.D.
- [10] LUKEŠ, Z. *Užití digitální fotografie a videa k chemické analýze*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Katedra chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Vedoucí práce Mgr. Jaromír Literák, Ph.D.
- [11] ŠEDIVÁ, R. *Vzdělávací projekt na popularizaci chemie*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Renata Šulcová, Ph.D.
- [12] HEGROVÁ, Z. *Chemické experimenty pro ekoškoly*. Praha, 2013. Diplomová práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Renata Šulcová, Ph.D.

- [13] E162 – betanin. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2024-01-14]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E162>
- [14] ČOPÍKOVÁ, J., M. UHER a O. LAPČÍK. Přírodní barevné látky. *Chemické listy*. 2005, (99), 802–816.
- [15] HERBACH, K. A., F. C. STINTZING a R. CARLE. Stability and color changes of thermally treated betanin, phyllocactin, and hylocerenin solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2006, **54**(2), 390–398. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf051854b
- [16] WYBRANIEC, S., K. STARZAK a Z. PIETRZKOWSKI. Chlorination of Betacyanins in Several Hypochlorous Acid Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2016, **64**(14), 2865–2874. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jafc.5b06020
- [17] BOGUSCHOVÁ, V. *Výuka chemie na SŠ – experimentální část, návrhy experimentů vhodných pro výuku na SŠ*. Praha, 2023. Diplomová práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Simona Petrželová, Ph.D.
- [18] ŠUMBERA, J. *Alternativní koncepce výuky a jejich přínos ve výuce chemie*. Olomouc, 2022. Bakalářská práce. Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Iveta Bártová, Ph.D.
- [19] BÖHMOVÁ, H. *Vzdělávání žáků v chemii prostřednictvím jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí*. Praha, 2009. Dizertační práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Václav Martínek, Ph. D.
- [20] POLÍVKOVÁ, M. *Chemické experimenty pro SŠ - chromatografie s přírodními látkami*. Praha, 2010. Diplomová práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Simona Hybelbauerová, Ph.D.
- [21] ROSA, C., F. ANTELO a G. ROSA. Kinetics of Thermal-Degradation of Betanins: A Teaching Mini-Project for Undergraduates Employing the Red Beet. *Journal of food science education* [online]. 2018, **17**(4), photo, 104–110. ISSN 1541-4329. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4329.12147
- [22] BOYLES, C. a S. SOBECK. Photostability of organic red food dyes. *Food chemistry* [online]. 2020, **315**, 126249. ISSN 0308-8146, 1873-7072. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2020.126249
- [23] Allura Red AC. *Pubchem* [online]. [vid. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/33258>
- [24] BEVZIUK, K., A. CHEBOTAREV a D. SNIGUR. Spectrophotometric and theoretical studies of the protonation of Allura Red AC and Ponceau 4R. *Journal of Molecular Structure* [online]. 2017, **1144**, 216–224. Dostupné z: doi:10.1016/j.molstruc.2017.05.001

- [25] Measuring the Kinetics of Dye Degradation with Allura Red. *AZoM* [online]. [vid. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=22096>
- [26] E129 – červen Allura AC. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E129>
- [27] CARABALLO, R., M. SALEH MEDINA a G. J. GOMEZ. Turmeric and RGB Analysis: A Low-Cost Experiment for Teaching Acid–Base Equilibria at Home. *Journal of Chemical Education* [online]. 2021, **98**(3), 958–965. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.0c01165
- [28] IBARRA-RIVERA, T., C. DELGADO-MONTEMAYOR a F. OVIEDO-GARZA. Setting Up an Educational Column Chromatography Experiment from Home. *Journal of Chemical Education* [online]. 2020, **97**(9), explorin, 3055–3059. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.0c00532
- [29] MADRIZ, L., F. CABRERIZO a R. VARGAS. Exploring Chemical Kinetics at Home in Times of Pandemic: Following the Bleaching of Food Dye Allura Red Using a Smartphone. *Journal of Chemical Education* [online]. 2021, **98**(6), ery, 2117–2121. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.0c01427
- [30] Erythrosine B. *Pubchem* [online]. [vid. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/145712426>
- [31] E127 – erythrosin. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E127>
- [32] IBALGIN 400MG potahované tablety 48 - sleva 8 %. *BENU.cz* [online]. [vid. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.benu.cz/ibalgin-400mg-potahovane-tablety-48>
- [33] Erythrosin B (C.I. 45430) | 104170. *Merckmillipore.com* [online]. [vid. 2024-03-08]. Dostupné z: https://www.merckmillipore.com/CZ/cs/product/Erythrosine-B-C.I.-45430,MDA_CHEM-104170
- [34] FRANKE, J., A. BRAVERMAN a A. CUNNINGHAM. Erythrosin B: a versatile colorimetric and fluorescent vital dye for bacteria. *Biotechniques* [online]. 2020, **68**(1), 7–13. ISSN 0736-6205, 1940-9818. Dostupné z: doi:10.2144/btn-2019-0066
- [35] SNIGUR, D., M. FIZER a A. CHEBOTAREV. Spectroscopic and computational studies of erythrosine food dye protonation in aqueous solution. *Dyes and Pigments* [online]. 2022, **198**, 110028. ISSN 0143-7208. Dostupné z: doi:10.1016/j.dyepig.2021.110028
- [36] SLYUSAREVA, E. a M. GERASIMOVA. pH-Dependence of the Absorption and Fluorescent Properties of Fluorone Dyes in Aqueous Solutions. *Russian Physics Journal* [online]. 2014, **56**. Dostupné z: doi:10.1007/s11182-014-0188-8
- [37] HENARY, M. a A. RUSSELL. An Inexpensive Kinetic Study: The Reaction of FD&C Red #3 (Erythrosin B) with Hypochlorite. *Journal of Chemical Education* [online]. 2007, **84**(3), sa, 480. ISSN 0021-9584, 1938-1328. Dostupné z: doi:10.1021/ed084p480

- [38] STOCK, L. Safety Tips - the Use of Erythrosin-B in Undergraduate Spectrophotometry Experiments. *Journal of Chemical Education* [online]. 1995, **72**(10), 926–926. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/ed072p926
- [39] OLIVAS-AGUIRRE, F., J. RODRIGO-GARCIA a N. MARTINEZ-RUIZ. Cyanidin-3-O-glucoside: Physical-Chemistry, Foodomics and Health Effects. *Molecules* [online]. 2016, **21**(9), 1264. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules21091264
- [40] BARTOSZ, G. et al. Fluorescent Products of Anthocyanidin and Anthocyanin Oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2020, **68**(43), 12019–12027. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jafc.0c04755
- [41] ŠULCOVÁ, R. a H. BOHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2007. ISBN 978-80-86561-81-3.
- [42] KARLÍNOVÁ, M. *Experimentální výuka organické chemie se zaměřením na vzdělávání*. Praha, 2015. Bakalářská práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Simona Hybelbauerová. Ph.D.
- [43] DAPSON, R. W. The history, chemistry and modes of action of carmine and related dyes. *Biotechnic & Histochemistry* [online]. 2007, **82**(4–5), 173–187. ISSN 1052-0295. Dostupné z: doi:10.1080/10520290701704188
- [44] E120 – kyselina karmínová. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E120>
- [45] AKBAR, A. et al. A rapid colorimetric method for the detection of carminic acid in samples based on visible color change. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* [online]. 2023, **302**, 122953. ISSN 1386-1425. Dostupné z: doi:10.1016/j.saa.2023.122953
- [46] ŠALOUNOVÁ, J. *Praktické úlohy z biologie jednobuněčných organismů (Protista) pro základní školy s důrazem na využití barvicích technik*. Praha, 2013. Katedra biologie a environmentálních studií, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce RNDr. Jan Mourek, Ph.D.
- [47] CHLUMOVÁ, K. *Paraziti a jejich preparace pro školní využití*. Praha, 2017. Diplomová práce. Katedra biologie a environmentálních studií, Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce Mgr. Dagmar Říhová.
- [48] LEULESCU, M. et al. Ponceau 4R azoic red dye. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2019, **138**(3), 2091–2101. ISSN 1588-2926. Dostupné z: doi:10.1007/s10973-019-08680-0
- [49] EFSA. Scientific Opinion on the re-evaluation of Ponceau 4R (E 124) as a food additive. *EFSA Journal* [online]. 2009 [vid. 2023-02-24]. ISSN 1831-4732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2009.1328

- [50] RIZOVA, V. et al. HPLC investigation of the degradation of some artificial food colorants in the presence of ascorbic acid. *Contributions Section of Natural Mathematical and Biotechnical Sciences*. 2008, 89–98. ISSN 0351–3246.
- [51] BORYSIK, M. a E. GABRUŠ. Adsorptive removal of cochineal red a dye from aqueous solutions using yeast. *Chemical and Process Engineering*. 2020, 41, 105–117. ISSN 0208-6425.
- [52] HOUSECROFT, C. a A. SHARPE. *Inorganic chemistry*. 2nd ed. Harlow: Pearson education, 2005. ISBN 0-13-039913-2.
- [53] Potassium ferricyanide. *Pubchem* [online]. [vid. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/26250>
- [54] ZLÁMALOVÁ, M. *Porovnání metod pro stanovení sulfidových aniontů*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce RNDr. Karel Nesměrák, Ph.D.
- [55] BLAHYNKOVÁ, M. *Stanovení hladin železitých iontů v SIA systému s chemiluminiscenční detekcí*. Hradec Králové, 2013. Diplomová práce. Katedra analytické chemie, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové Univerzity Karlovy. Vedoucí práce Doc. PharmDr. Hana Sklenářová, Ph.D.
- [56] BARTOŠ, M. a I. ŠVANCARA. *Laboratorní cvičení z Analytické chemie*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-822-0.
- [57] HROBAŘOVÁ, E. *Vitaminy v učivu chemie na ZŠ a SŠ*. Praha, 2008. Bakalářská práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Renata Šulcová.
- [58] NOVOTNÁ, M. *Náměty a experimenty pro ZŠ a SŠ k tématu zdravá výživa* [online]. Praha, 2010. Diplomová práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce RNDr. Renata Šulcová, PhD. Dostupné z: didaktik
- [59] PUBCHEM. *Ferric Chloride* [online]. [vid. 2024-05-08]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24380>
- [60] ČTRNÁCTOVÁ, H. a J HALBYCH. *Didaktika a technika chemických pokusů*. 3., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1192-9.
- [61] VRZÁČKOVÁ, E. *Tvorba databáze experimentů pro výuku chemie*. Praha, 2011. Bakalářská práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
- [62] OPATOVÁ, M. *Chemické experimenty s přírodními látkami se zaměřením na vzdělávání*. Praha, 2014. Dizertační práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce RNDr. Simona Hybelbauerová, PhD.

- [63] PRIYADARSINI, K. The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent. *Molecules* [online]. 2014, **19**(12), 20091–20112. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules191220091
- [64] PUBCHEM. *Curcumin* [online]. [vid. 2024-02-03]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/969516>
- [65] YUE, Y. The application of natural drug-curcumin in the detection hypochlorous acid of real sample and its bioimaging. *Sensors and Actuators B: Chemical* [online]. 2014, **202**(si), 551–556. ISSN 0925-4005. Dostupné z: doi:10.1016/j.snb.2014.05.119
- [66] LAWRENCE, K. et al. A simple and effective colorimetric technique for the detection of boronic acids and their derivatives. *Analytical Methods* [online]. 2012, **4**(8), 2215–2217. ISSN 1759-9679. Dostupné z: doi:10.1039/C2AY25346A
- [67] E100 – kurkumin. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2024-03-17]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E100>
- [68] KORENEKOVÁ, K. *Praktické úlohy pro využití UV lampy ve výuce chemie*. Praha, 2016. Bakalářská práce. Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce Ing. Hana Kotoučová, Ph.D.
- [69] UCHNÁR, M. *Luminiscenční experimenty ve výuce chemie*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Vedoucí práce Mgr. Jaromír Literák, Ph.D.
- [70] STRNADOVÁ, H. *Potraviny z pohledu vzdělávání v chemii*. Praha, 2011. Diplomová práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce RNDr. Renata Šulcová, PhD.
- [71] FAGUNDES, T. et al. Using a Sequence of Experiments with Turmeric Pigments from Food To Teach Extraction, Distillation, and Thin-Layer Chromatography to Introductory Organic Chemistry Students. *Journal of Chemical Education* [online]. 2016, **93**(2), 326–329. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.5b00138
- [72] KIJLSTRA, A., Y. TIAN a E. KELLY. Lutein: More than just a filter for blue light. *Progress in Retinal and Eye Research* [online]. 2012, **31**(4), 303–315. ISSN 1350-9462. Dostupné z: doi:10.1016/j.preteyeres.2012.03.002
- [73] ŠIVEL, M., B. KLEJDUS a S. KRÁČMAR. Lutein - významný karotenoid ve výživě člověka. 2013, (107), *Chemické listy*, 456–463.
- [74] E161b – lutein. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2024-05-04]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E161b>
- [75] DAVIDOV-PARDO, G., C. GUMUS a D. MCCLEMENTS. Lutein-enriched emulsion-based delivery systems: Influence of pH and temperature on physical and chemical stability. *Food Chemistry* [online]. 2016, **196**, 821–827. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2015.10.018

- [76] OCHOA BECERRA, M., L. MOJICA CONTRERAS a M. HSIEH LO. Lutein as a functional food ingredient: Stability and bioavailability. *Journal of Functional Foods* [online]. 2020, **66**, 103771. ISSN 1756-4646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2019.103771
- [77] PANASENKO, O., K. BRIVIBA a H. SIES. Hypochlorite destroys carotenoids in low density lipoproteins thus decreasing their resistance to peroxidative modification. *Biochemistry. Biokhimiia*. 1997, **62**, 1140–5.
- [78] ŠULCOVÁ, R, V MARTÍNEK a H BÖHMOVÁ. Náměty na pokusy z organické a praktické chemie. *web.natur.cuni.cz* [online]. 2006. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/JPD3/navody2007/1reseniI.pdf>
- [79] VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [80] Riboflavin. *Pubchem* [online]. [vid. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/493570>
- [81] KEUNE, V. a E. IRMER. Luminous custard powder - fluorescence and photochemical degradation in riboflavin. *Chemkon* [online]. nedatováno [vid. 2022-05-17]. ISSN 0944-5846. Dostupné z: doi:10.1002/ckon.202100086
- [82] MARTI-ANDRES, P., L. ESCUDER-GILABERT a Y. MARTIN-BIOSCA. Simultaneous Determination of Pyridoxine and Riboflavin in Energy Drinks by High-Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection. *Journal of Chemical Education* [online]. 2015, **92**(5), 903–906. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/ed500544h
- [83] PUBCHEM. *Tartrazine* [online]. [vid. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/164825>
- [84] LEULESCU, M., A. ROTARU a I. PĂLĂRIE. Tartrazine: physical, thermal and biophysical properties of the most widely employed synthetic yellow food-colouring azo dye. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2018, **134**(1), 209–231. ISSN 1588-2926. Dostupné z: doi:10.1007/s10973-018-7663-3
- [85] NOLLET, L. a F. TOLDRA. *Food Analysis by HPLC*. 3. vyd. 2012. ISBN 978-0-429-15162-0.
- [86] E102 – tartrazin. *ferpotravina.cz* [online]. [vid. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E102>
- [87] OKEOLA, F. O., F. O. NWOSU a T. O. ABU. Kinetics and thermodynamics of bleaching process in aqueous solution using sodium hypochlorite. *Arid Zone Journal of Engineering*. 2023, (18), 109–120. ISSN 2545-5818.
- [88] CÍDLOVÁ, H. *Laboratorní cvičení z fyzikální chemie* [online]. B.m.: Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity. 2003. Dostupné z: https://chemiejebozi.cz/download/skripta/laborator_fyzikalni_chemie.pdf






































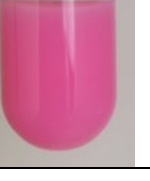


- [89] E512 [online]. [vid. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E512>
- [90] MŠMT. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. B.m.: MŠMT, Praha. 2023
- [91] *Zmrzlina Dezert Clip Art - Vektorová grafika zdarma na Pixabay - Pixabay* [online]. [vid. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/vectors/zmrzlina-dezert-clip-art-6946868/>
- [92] Illustration of a Cladonia rangiferina. *iStock* [online]. 14. duben 2019 [vid. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://www.istockphoto.com/cs/vektor/rohov%C3%BD-listli%C5%A1ejn%C3%ADk-gm1142581789-306535285>
- [93] (70) Pinterest. *Pinterest* [online]. [vid. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/265642078004126596/>
- [94] Stock vektor „Albert Einstein Portrait Line Art Einstein“ (bez autorských poplatků) 772605733. *Shutterstock* [online]. [vid. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://www.shutterstock.com/cs/image-vector/albert-einstein-portrait-line-art-18791955-772605733>
- [95] LAŠTOVKOVÁ, T. *Logické úlohy typu zebra u žáků 1. stupně ZŠ*. Praha, 2021. Diplomová práce. Katedra matematiky a didaktiky matematiky, Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí práce PhDr. Jana Slezáková, Ph.D.



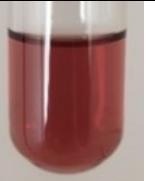



























8. Přílohy

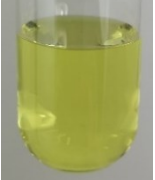

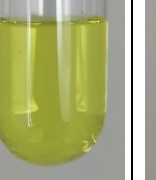
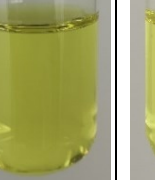



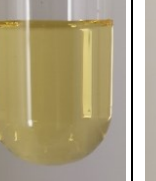
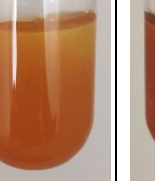

Příloha 1 – Acidobazické vlastnosti roztoků
















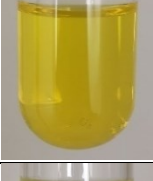





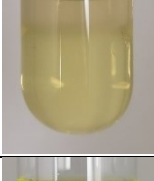















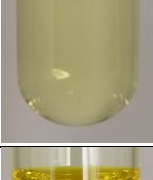
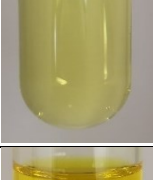
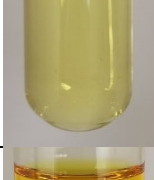
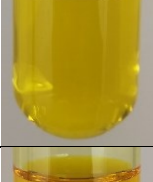



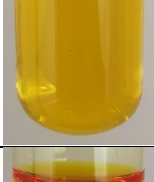





- Příloha 2 – Reakce s chloridem zinečnatým a dihydrátem chloridu cínatého
- Příloha 3 – Reakce s chlornanem sodným
- Příloha 4 – Fluorescence vyvolaná UV
- Příloha 5 – dotazník pro žáky po vyplnění pracovního listu
- Příloha 6 – pracovní list Proč se barví potraviny?
- Příloha 7 – pracovní list Jak změřit pH bez pH papírků
- Příloha 8 – pracovní list Syntetická a přírodní barviva
- Příloha 9 – pracovní list Einsteinova hádanka s červenými barvivy
- Příloha 10 – autorské řešení pracovního listu Proč se barví potraviny?
- Příloha 11 – autorské řešení pracovního listu Syntetická a přírodní barviva
- Příloha 12 – autorské řešení pracovního listu Syntetická a přírodní barviva
- Příloha 13 – autorské řešení pracovního listu Einsteinova hádanka s červenými roztoky
- Příloha 14 – Návody na přípravu roztoků k pracovnímu listu Proč se barví potraviny?

Příloha 1 – Acidobazické vlastnosti roztoků

	10% H ₂ SO ₄	ocet	původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
azorubin AROCO červeň malinová					
azorubin standard					
betanin červená řepa					
betanin Ovocé					
červeň Allura AC standard					
červeň Allura AC Fanta strawberry					
erythrosin standard					
erythrosin Ibalgin					







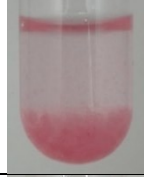



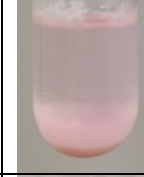















kyanidin ibišek					
kyselina karmínová červci					
kyselina karmínová Puding Dr. Oetker malina					
kyselina karmínová gelová barva					
Ponceau 4R standard					
Ponceau 4R Jelzin jahodový					

























	10% H ₂ SO ₄	ocet	původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
Hexakyanidoželezit an draselný					
chlorid železitý					

kurkumin koření FUCHS					
kurkumin lentilky Orion					
kurkumin M&M's					
lutein aksamitník					
lutein sirup Hello citron					
riboflavin Generica					
riboflavin lentilky LK store					
riboflavin puding Dr. Oetker ananas					
tartrazin AROCO žlut' citronová					
tartrazin standard					

Příloha 2 – Reakce s chloridem zinečnatým a dihydrátem chloridu cínatého











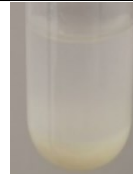





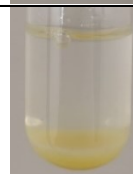

	původní vzhled	ihned po přidavku 0,2 g SnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přidavku 0,3 g SnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
azorubin AROCO červeň malinová						
azorubin standard						
betanin červená řepa						
betanin Ovocé						
červeň Allura AC standard						
červeň Allura AC Fanta strawberry						
erythrosin standard						
erythrosin Ibalgin						
kyanidin ibišek						




































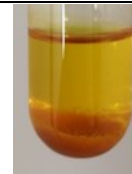
kyselina karmínová červci						
kyselina karmínová puding Dr. Oetker malina						
kyselina karmínová gelová barva						
Ponceau 4R standard						
Ponceau 4R Jelzin jahodový						




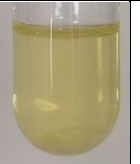
































	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g ZnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přídavku 0,3 g ZnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
azorubin AROCO červeň malinová						
azorubin standard						
betanin červená řepa						
betanin Ovocé						

červeň Allura AC standard						
červeň Allura AC Fanta strawberry						
erythrosin standard						
erytrosin Ibalgin						
kyanidin ibišek						
kyselina karmínová červci						
kyselina karmínová puding Dr. Oetker malina						
kyselina karmínová gelová barva						
Ponceau 4R standard						
Ponceau 4R Jelzin jahodový						

















	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g SnCl ₂	cca po 15 minutách	ihned po přídavku 0,3 g SnCl ₂	cca po 30 minutách	po 1 dni
hexakyanidoželez itan draselný						
chlorid železitý						
kurkumin koření FUCHS						
kurkumin lentilky Orion						
kurkumin M&M's						
lutein aksamitník						
lutein sirup Hello citron						
riboflavin Generica						
riboflavin lentilky LKstore						













riboflavin puding Dr. Oetker ananas						
tartrazin AROCO žlut' citronová						
tartrazin standard						


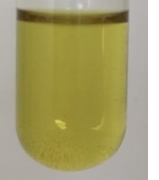


	původní vzhled	ihned po přídavku 0,2 g ZnCl ₂	cca po 15 minutác h	ihned po přídavku 0,3 g ZnCl ₂	cca po 30 minutác h	po 1 dni
hexakyanidoželez itan draselný						
chlorid železitý						
kurkumin koření FUCHS						
kurkumin lentilky Orion						
kurkumin M&M's						
lutein aksamitník						










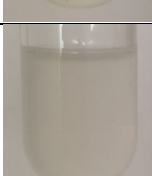
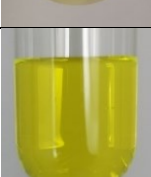
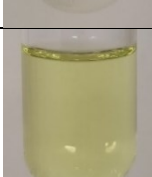


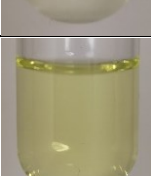
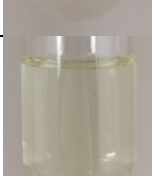


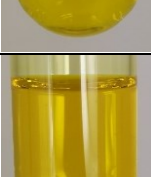
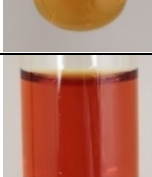
lutein sirup Hello citron						
riboflavin Generica						
riboflavin lentilky LK store						
riboflavin puding Dr. Oetker ananas						
tartrazin AROCO žlut' citronová						
tartrazin standard						

Příloha 3 – Reakce s chlornanem sodným

	původní vzhled	přídavek Sava
azorubin AROCO červen malinová		
azorubin standard		
betanin červená řepa		
betanin Ovocé		
červen Allura AC standard		
červen Allura AC Fanta strawberry		
erythrosin standard		
erythrosin Ibalgin		


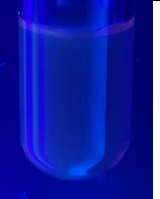



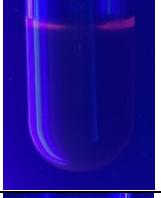
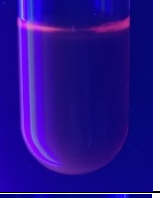
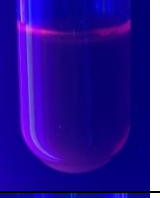
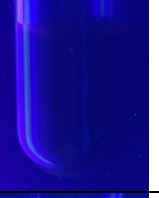
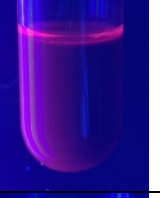




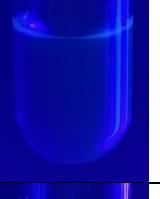

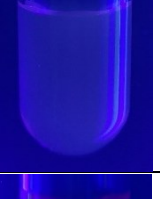

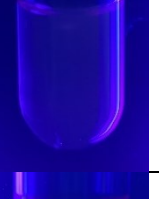
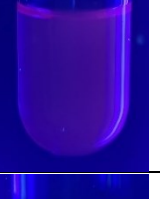
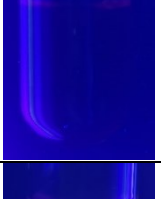
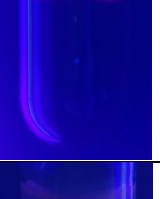
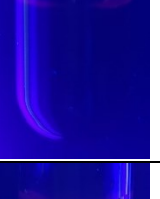
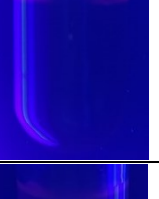
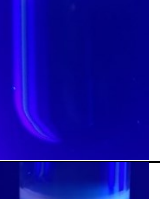

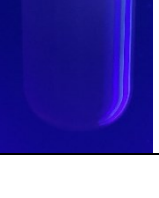
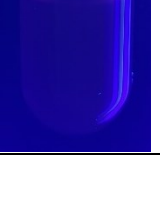
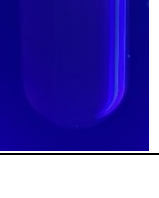

kyanidin ibišek		
kyselina karmínová červci		
kyselina karmínová puding Dr. Oetker malina		
kyselina karmínová gelová barva		
Ponceau 4R standard		
Ponceau 4R Jelzin jahodový		







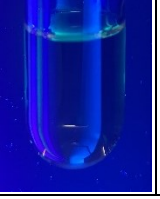


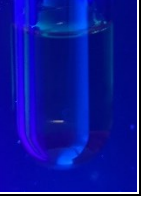
	původní vzhled	přídavek Sava
Hexakyanido-železitan draselný		
chlorid železitý		

kurkumin kořeni FUCHS		
kurkumin lentilky Orion		
kurkumin M&M's		
lutein aksamitník		
lutein sirup Hello citron		
riboflavin Generica		
riboflavin lentilky LK store		
riboflavin puding Dr. Oetker ananas		
tartrazin AROCO žlut' citronová		
tartrazin standard		

Příloha 4 – Fluorescence vyvolaná UV

	10% H ₂ SO ₄	ocet	původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
azorubin AROCO červeň malinová					
azorubin standard					
betanin červená řepa					
betanin Ovoce					
červeň Allura AC standard					
červeň Allura AC Fanta strawberry					
erythrosin standard					
erythrosin Ibalgin					

kyanidin ibišek					
kyselina karmínová červci					
kyselina karmínová Puding Dr. Oetker malina					
kyselina karmínová gelová barva					
Ponceau 4R standard					
Ponceau 4R Jelzin jahodový					

	10% H ₂ SO ₄	ocet	původní vzhled	10% jedlá soda	10% NaOH
hexakyanidoželezit an draselný					
chlorid železitý					

kurkumin kořeni FUCHS					
kurkumin lentilky Orion					
kurkumin M&M's					
lutein aksamitník					
lutein sirup Hello citron					
riboflavin Generica					
riboflavin lentilky LKstore					
riboflavin puding Dr. Oetker ananas					
tartrazin AROCO žlutá citronová					
tartrazin standard					

Příloha 5 – dotazník pro žáky po vyplnění pracovního listu

Zpětná vazba k pracovnímu listu:

- 1) Pracovní list vnímám jako:
 - a) velmi jednoduchý
 - b) jednoduchý
 - c) přiměřeně obtížný
 - d) obtížný
 - e) velmi obtížný

- 2) Pracovní list měl přesah do běžného života:
 - a) ano
 - b) ne

Zdůvodni svou odpověď:

- 3) Dej mi prosím zpětnou vazbu, co bys vylepšil/a.

Příloha 6 – pracovní list Proč se barví potraviny?

Laboratorní práce – Proč se barví potraviny?

Jméno:

Některé potraviny a nápoje jsou obarvovány, aby se nám sbíhaly sliny už jen při pohledu na ně. Jíme i očima, což vědí i prodejci potravin a nápojů, kteří se s vidinou tržby snaží, aby jejich výrobky byly pro zákazníka co nejvíce atraktivní. Příkladem mohou být pestře zbarvené zmrzliny nebo limonády všech barev duhy, které vábí náš zrak. **Vybarvi svou oblíbenou zmrzlinu.** →



Převzato z
[91]

Barviva jsou v potravinách obsažena jen v malých množstvích. Takové látky, které jsou v potravinech jen malém množství, nazýváme „éčka“ a každá látka má svůj číselný kód, např. barvivo kyselina karmínová má E – kód E120.

1) Kde jsi o éčkách slyšel/a a kde můžeme éčka na potravinech najít? Jaký je tvůj názor na éčka?

2) VIDEO ÉČKA – BARVY

Před videem si přečti následující otázky:

- Viděli jste mnoho příkladů barvení potravin, jsou nějaké, které Vás překvapily?
- Jaký je argument výrobců pro barvení potravin?
- Popiš, jaký byl rozdíl ve vzhledu barveného sterilovaného hrášku a nebarveného?
- Proč se hrášek steriluje (= zahřívá na vysokou teplotu)?
- Jaká dvě barviva musíme smíchat, abychom dostali zelenou barvu?

PŘÍPRAVA NA LABOROVÁNÍ

Na stanovištích jsou připravené potraviny a nápoje, Vaším úkolem bude si vybrat tři taková stanoviště a prozkoumat potraviny a nápoje na stanovišti. V tabulce u každé potraviny/nápoje popiš níže uvedené vlastnosti.

Připomenutí: v laboratoři se nejí a nepije.



	Název potraviny	Vzhled a vůně potraviny (bez obalu)	Atraktivita (ohodnot' 1-10, 10 = vypadá to nejlákavěji)	Název barviva (na etiketě, ověříme na ferpotravina.cz)	Skóre škodlivosti barviva (na ferpotravina.cz)
1. potravina					

2. potravina					
3. potravina					

LABOROVÁNÍ

Převezmeme roli vědců, které jsme viděli ve videu. Víme, že musíme při zpracování potravin dbát na vysokou teplotu, která může barviva zničit. Na co si ještě musíme dát pozor, aby nám barva dlouho vydržela? Budeme testovat vliv pěti chemikálií.

Vezměte si 15 zkumavek a 5 z nich si nadepište lihovým fixem názvem první potraviny, dalších pět názvem druhé potraviny a posledních 5 názvem třetí potraviny. Do zkumavky pak dáme 5 ml příslušného roztoku potraviny (ten připravíme dle návodu na stole u potraviny).

Nyní na každé potravine vyzkoušíme vliv chloridu zinečnatého, kyseliny sírové, octa, roztoku jedlé sody a hydroxidu sodného. Do tabulky popište, jak vypadala případná barevná změna.

Hydroxid sodný a kyselina sírová jsou žíravé látky, pracujeme v rukavicích.



	název potraviny	původní vzhled	chlorid zinečnatý na špičku chemické lžičky	0,5 ml 10% kyseliny sírové	0,5 ml octa	0,5 ml 10% jedlé sody	0,5 ml 10% hydroxidu sodného
1. potravina							
2. potravina							
3. potravina							

3) Závěr: Napiš svůj názor na barvení potravin. Vyber nejodolnější barvivo a svůj výběr podlož argumenty.

Příloha 7 – pracovní list Jak změřit pH bez pH papírků

Laboratorní práce – Jak změřit pH bez pH papírků

Jméno:

Z předchozí výuky, ale i z běžného života již víme, že některé látky jsou kyselé (např. citron), nebo zásadité (např. jedlá soda), nebo neutrální (např. destilovaná voda). Také jsme si vyzkoušeli, jak fungují pH papírky, kterými můžeme měřit pH roztoků.

1) Připomeň si následující pojmy (můžeš pracovat i s učebnicí a sešitem) a **vysvětli je vlastními slovy**:

pH

kyselina

zásada

2) Připomeň si, jak se pracuje s pH papírký a **napiš svému kamarádovi postup**, jak používat pH papírky.

3) Prázdná **políčka vybarvi** barvami podle stupnice na obalu pH papírků. **Označ oblasti: kyselé, zásaditá a neutrální.**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Lišejníky obsahují látky, které reagují na různé pH změnou barvy, čehož se využívá při výrobě pH papírků. Látky obsažené v lišejnících nejsou jediné, které mění barvu v závislosti na pH, existuje spousta dalších **přírodních látek**, které slouží jako ukazatel pH.



Převzato z [92]

PŘÍPRAVA LABOROVÁNÍ

Otestujeme 4 přírodní látky, které se zároveň používají i jako barviva různých nápojů a potravin. Připravte si jednotlivé roztoky dle návodu:

- 1) Barvivo **kurkumin** z M&M's/lentilek – vezměte si 3 žluté lentilky a vhodte je do kádinky s 6 ml vody a 6 ml ethanolu (lihu). Míchejte obsah kádinky, dokud se do rozpouštědla uvolňuje barvivo, ale ne čokoládová vrstva.
- 2) Barvivo v **květech ibišku** – do kádinky nasypete zhruba 3 g sušených květů ibišku a nechejte chvíli louhovat v 20 ml vody, poté přefiltrujte na filtrační aparatuře do další kádinky.
- 3) Barvivo z **řepy** v práškovém nápoji Ovocé – 20 g prášku rozpustíme za pomoci míchání chemickou lžičkou v kádince s 30 ml vody.

- 4) Barvivo z **hmyzu** v gelové barvě Dr. Oetker – na špičku chemické lžičky naberte trochu gelu a rozpustíte ve 20 ml vody v kádince, zamíchejte chemickou lžičkou.

LABOROVÁNÍ

Vezměte si 5 zkumavek, jednu si nadepište jako „kyselina sírová“, druhou jako „ocet“, další „jedlá soda“ a „hydroxid sodný“. Na pátou napište „bez činidla“, bude sloužit k porovnání.

Do každé z pěti zkumavek nakapejte kapátkem 2 ml vámi připraveného roztoku barviva (nejprve do všech jen kurkumin). Přidejte pár kapek činidla nadepsaného na zkumavce – do zkumavky „kyselina sírová“ nakapejte pár kapek kyseliny sírové. To samé proveďte pro další činidla.

Výsledky po přidání činidel si překreslete pastelkami do prázdných políček níže, vznikne ti barevná škála pro dané barvivo.

Zkumavky si vypláchni a proveď stejný postup pro zbývající barviva.

Kyselina sírová a hydroxid sodný jsou žíravé látky, **pracujeme v rukavicích.**



Barevná škála pro **kurkumin**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

Barevná škála pro **barvivo z květů ibišku**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

Barevná škála pro **barvivo z řepy**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

Barevná škála pro **barvivo z hmyzu**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

- 4) Porovnej všechny 4 barevné škály a vyber jednu přírodní látku jako nejvhodnější náhradu pH papírků. Uveď argumenty, proč ses tak rozhodl/a.

- 5) Zapiš jednu hlavní myšlenku dnešní laboratorní práce:

BONUS: Které barvivo se nejlépe hodí k barvení kyselých nápojů (např. CocaCola nebo Fanta obsahují kyseliny jako konzervační látky)? Zdůvodni svou odpověď.

Příloha 8 – pracovní list Syntetická a přírodní barviva

Laboratorní práce – syntetická a přírodní barviva

Jméno:

Barvy jsou všude okolo nás – v přírodě si barviva vyrábí samy rostliny nebo živočichové (např. plameňáci svému zbarvení vděčí oranžově zbarveným vodním korýšům). Barviva se však i ve velkém množství vyrábí člověkem (většinou z ropy) – takovým barvivům říkáme, že jsou syntetická (uměle vyrobená).



Převzato z
[93]

1) Proč si rostliny vyrábí barviva pro barvení květů a po odkvětu plodů, ačkoliv je to stojí spoustu energie?

2) Proč lidé uměle vyrábí barviva? K čemu je dle Tvého názoru nejvíce využívají?

Syntetická barviva se od těch přírodních v mnohém liší, například ve své trvanlivosti – kdybychom nechali potravinu barvenou přírodními barvivy na slunečním světle, po čase vybledne, zatímco syntetické barvivo si svou barvu uchová. Na další odlišné vlastnosti si dnes přijdeme.

3) Porovnej vzhled lentilek, které jsou barvené přírodními barvivy, s M&M's lentilkami, které jsou barveny syntetickými barvivy.

4) Napiš alespoň 2 příklady přírodních látek, kterými by mohly být lentilky barveny (vzpomeň si například na barvení vajíček na Velikonoce).

PŘÍPRAVA LABOROVÁNÍ

Budeme pracovat s barvivy rozpustnými ve vodě, u kterých hrozí, že se nám dostanou do odpadních vod. To může škodit vodním organismům. Vědci zkoumají, jak barviva z odpadních vod odstranit, aby neničila životní prostředí. Budeme testovat, jak je těžké „zničit“ přírodní a syntetická barviva Savem (prostředkem k dezinfekci). K tomu budeme potřebovat:

- roztoky přírodních barviv: **extrakt z řepy, extrakt z květů ibišku a extrakt z hmyzu**
- roztoky syntetických barviv: **červené azobarvivo, žluté azobarvivo a barvivo z tablety Ibalginu**

LABOROVÁNÍ

Odolnost vůči Savu vyzkoušíme tak, že si do zkumavky kapátkem nalijeme 5 ml daného barviva a k němu přikápneme 0,5 ml Sava, promícháme obsah zkumavky, zapíšeme výsledky a sledujeme změny v čase.

Savo je žíravá látka, pracujeme velmi opatrně v rukavicích a s brýlemi.



Vyplň si přehlednou tabulku, kde bude u každého barviva napsáno, **jak vypadal původní roztok a jak vypadal roztok po přidání Sava**. Také zaznamenej, **jak rychle došlo k pozorovatelné změně**.

	vzhled roztoku před přidáním Sava	vzhled roztoku po přidání 0,5 ml Sava	čas (s) – jak rychle jsi pozoroval/a změnu
barvivo z řepy			
barvivo z květů ibišku			
barvivo z hmyzu			
červené azobarvivo			
žluté azobarvivo			
barvivo z tablety Ibalginu			

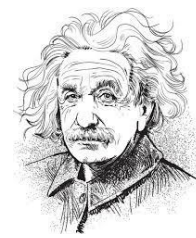
- 5) Porovnej, jaká barviva jsou vůči Savu odolnější, a svou odpověď zdůvodni na základě pozorování.
- 6) Která barviva mohou působit větší problém, pokud se dostanou do životního prostředí? (Zamysli se nad tím, která vydrží v přírodě déle, protože nejdou snadno „zničit“).
- 7) Napiš hlavní myšlenku, kterou si z laboratorní práce odnášíš.

Příloha 9 – pracovní list Einsteinova hádanka s červenými barvivy

Einsteinova hádanka s červenými barvivy

Jméno:

Vypráví se, že Albert Einstein, geniální matematik a fyzik, sestavil typ logické úlohy, který dokáže vyřešit jen hrstka lidí. My si dnes vyzkoušíme podobnou úlohu avšak chemicky zaměřenou.



Převzato z [94]

1) Nejprve si zkuste vyřešit jednu z lehčích einsteinových hádanek.

V sousedství jsou tři domy vedle sebe, v každém domě bydlí jiný člověk a chová jiné zvíře. Víme, že:

1. Pan Domeček bydlí vedle paní Křížkové i vedle pana Kolečka.
2. Pan Kolečko chová kočku.
3. Paní Křížková nemá doma želvu.
4. Paní Křížková bydlí první zleva.
5. Pan Domeček nechová andulku.

Kdo kde bydlí a jaké zvíře chová? (Převzato z [95])

LABOROVÁNÍ – příprava na hádanku

Budeme pracovat se třemi neznámými červenými roztoky, chceme **určit jejich škodlivost** (oproti ostatním dvěma), **název, použití a zajímavost** na základě experimentování.

Kapátkem nakapej 5 ml roztoku A do zkumavky a zapiš si jeho vzhled do kolonky „původní vzhled“. Poté si na něj posviť UV baterkou, výsledek pozorování si zapiš do tabulky. Nyní si do stejné zkumavky přidej kapátkem 0,5 ml 10% kyseliny sírové, zamíchej obsahem zkumavky a zapiš si změnu oproti původnímu vzhledu do tabulky. Vezmi si novou zkumavku, do které kapátkem nakapej 5 ml roztoku A a kapátkem přidej 0,5 ml 10% hydroxidu sodného.

To samé proved' i pro roztoky B a C.

Kyselina sírová a hydroxid sodný jsou žravé látky, pracujeme v rukavicích.



	původní vzhled	fluorescence	přídavek 0,5 ml 10% kyseliny sírové	přídavek 0,5 ml 10% hydroxidu sodného
roztok A				
roztok B				
roztok C				

EINSTEINOVA HÁDANKA S POZNATKY Z LABOROVÁNÍ

Nyní propojíme poznatky získané z laborování s hádankou.

Zadání hádanky: Barviva dělíme dle škodlivosti – např. způsobují hyperaktivitu u dětí, nebo jsou spojovány s rakovinou. Máme 3 barviva, všechny se vyskytují v potravinách. Zjistěte jejich **škodlivost** oproti ostatním dvěma a jejich **název, použití a zajímavost**.

Víme, že:

- 1) Látka, která nefluoreskuje, se používá jako barvivo do rtěnek.
- 2) Látka, která změní barvu po přidání kyseliny, má z celé trojice nejmenší nebezpečnost.
- 3) Látka, která se nezbarví po přidání hydroxidu do fialové barvy, může způsobovat hyperaktivitu u dětí.
- 4) Látka mající střední nebezpečnost z celé trojice se nazývá kyselina karmínová.
- 5) Látka získávaná z těl hmyzu nefluoreskovala, ale změnila barvu po přidavku kyseliny.
- 6) Látka, která se ani v jednom případě nezměnila, se přidává do alkoholických nápojů.
- 7) Látka vyrábějící se z dehtu se používá i jako součást inkoustů do tiskáren.
- 8) Ponceau nefluoreskuje a po přidání hydroxidu nemění barvu na fialovou.
- 9) Erythrosin se po přidavku kyseliny odbarvuje, po přidavku hydroxidu není fialový.
- 10) Ponceau 4R není nejméně nebezpečné barvivo.

Seřaď roztoky barviv dle škodlivosti ve srovnání se zbylými dvěma a ke každému uveď použití a zajímavost.

škodlivost	název barviva	použití	zajímavost
1 – nejméně			
2			
3 – nejvíce			

Napiš, co ses touto laboratorní prací naučil/a.

Příloha 10 – autorské řešení pracovního listu Proč se barví potraviny?

Laboratorní práce – Proč se barví potraviny?

Jméno:

Některé potraviny a nápoje jsou obarvovány, aby se nám sbíhaly sliny už jen při pohledu na ně. Jíme i očima, což vědí i prodejci potravin a nápojů, kteří se s vidinou tržby snaží, aby jejich výrobky byly pro zákazníka co nejvíce atraktivní. Příkladem můžou být pestře zbarvené zmrzliny nebo limonády všech barev duhy, které vábí náš zrak. **Vybarvi svou oblíbenou zmrzlinu.** →



Převzato z
[91]

Barviva jsou v potravinách obsažena jen v malých množstvích. Takové látky, které jsou v potravině jen malém množství, nazýváme „éčka“ a každá látka má svůj číselný kód, např. barvivo kyselina karmínová má E – kód E120.

1) Kde jsi o éčkách slyšel/a a kde můžeme éčka na potravině najít? Jaký je tvůj názor na éčka?

Např. v televizní reklamě, kde propagovali výrobky „bez éček“. Éčka můžeme najít na etiketě potravin. Éčka mohou být zdraví škodlivá, je dobré se vyhýbat éčkům.

2) VIDEO ÉČKA – BARVY

Před videem si přečti následující otázky:

- a) Viděli jste mnoho příkladů barvení potravin, jsou nějaké, které Vás překvapily?

Chléb, kaviár, pasta, šunka

- b) Jaký je argument výrobců pro barvení potravin?

Potraviny v průběhu zpracování ztrácí původní barvu (např. působením teploty), výrobci se snaží o původní vzhled.

- c) Popiš, jaký byl rozdíl ve vzhledu zbarveného sterilovaného hrášku a nebarveného?

Nebarvený hrášek vypadal nevábne, měl hnědozelené zbarvení, zatímco zbarvený vypadal čerstvě.

- d) Proč se hrášek steriluje (= zahřívá na vysokou teplotu)?

Dochází tím k zahubení bakterií, kvůli kterým by mohlo dojít ke zkažení potraviny.

- e) Jaká dvě barviva musíme smíchat, abychom dostali zelenou barvu?

Žlutou a modrou

PŘÍPRAVA NA LABOROVÁNÍ

Na stanovištích jsou připravené potraviny a nápoje, Vaším úkolem bude si vybrat tři taková stanoviště a prozkoumat potraviny a nápoje na stanovišti. V tabulce u každé potraviny/nápoje popiš níže uvedené vlastnosti.

Připomenutí: v laboratoři se nejí a nepije.



	Název potraviny	Vzhled a vůně potraviny (bez obalu)	Atraktivita (ohodnot' 1-10, 10 = vypadá to nejlákavěji)	Název barviva (na etiketě, ověříme na ferpotravina.cz)	Skóre škodlivosti barviva (na ferpotravina.cz)
1. potravina	Např. Fanta strawberry	Voní jako jahody, má intenzivní červenou barvu	10	červeně Allura AC	4

2. potravina	Jelzin – alkoholický nápoj	Voní jako jahody, má intenzivní červenou barvu	7	Ponceau 4R	6
3. potravina	Ovocé práškový nápoj	Voní jako sladce jako jahody s malinami, světle růžová, ne moc výrazná barva	6	betanin	0

LABOROVÁNÍ

Převzmemme roli vědců, které jsme viděli ve videu. Víme, že musíme při zpracování potravin dbát na vysokou teplotu, která může barviva zničit. Na co si ještě musíme dát pozor, aby nám barva dlouho vydržela? Budeme testovat vliv pěti chemikálií.

Vezměte si 15 zkumavek a 5 z nich si nadepište lihovým fixem názvem první potraviny, dalších pět názvem druhé potraviny a posledních 5 názvem třetí potraviny. Do zkumavky pak dáme 5 ml příslušného roztoku potraviny (ten připravíme dle návodu na stole u potraviny).

Nyní na každé potravine vyzkoušíme vliv chloridu zinečnatého, kyseliny sírové, octa, roztoku jedlé sody a hydroxidu sodného. Do tabulky popište, jak vypadala případná barevná změna.

Hydroxid sodný a kyselina sírová jsou žíravé látky, pracujeme v rukavicích.



	název potraviny	původní vzhled	chlorid zinečnatý na špičku chemické lžičky	0,5 ml 10% kyseliny sírové	0,5 ml octa	0,5 ml 10% jedlé sody	0,5 ml 10% hydroxidu sodného
1. potravina	Fanta strawberry	Intenzivně červený roztok	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Roztok se lehce odbarvil
2. potravina	Jelzin alkoholický nápoj	Intenzivně červený roztok	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Roztok lehce zhnědnul
3. potravina	Ovocé práškový nápoj	Světle růžový	Nedošlo ke změně barvy	Roztok lehce zřívověl	Nedošlo ke změně barvy	Nedošlo ke změně barvy	Roztok zesvětlal

3) Závěr: Napiš svůj názor na barvení potravin. Vyber nejodolnější barvivo a svůj výběr podlož argumenty.

Díky barvivům v potravinách může potravina vypadat lákavěji, ale v některých případech může být barvivo škodlivé. Nejodolnější barvivo ve Fantě a v alkoholickém nápoji Jelzin, protože nereagovalo s tolika činidly, jako betanin.

Příloha 11 – autorské řešení pracovního listu Jak změřit pH bez pH papírků

Laboratorní práce – Jak změřit pH bez pH papírků

Jméno:

Z předchozí výuky, ale i z běžného života již víme, že některé látky jsou kyselé (např. citron), nebo zásadité (např. jedlá soda), nebo neutrální (např. destilovaná voda). Také jsme si vyzkoušeli, jak fungují pH papírky, kterými můžeme měřit pH roztoků.

1) Připomeň si následující pojmy (můžeš pracovat i s učebnicí a sešitem) a **vysvětli je vlastními slovy**:

pH – vyjadřuje, zda je látka kyselé, zásadité nebo neutrální

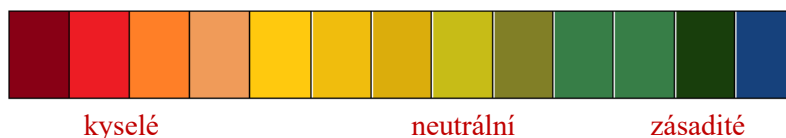
kyselina – látky, jejichž pH je menší než 7. Do vodného roztoku uvolňují H^+ ionty.

Zásada – látky, jejichž pH je vyšší než 7. Do vodného roztoku uvolňují OH^- ionty

2) Připomeň si, jak se pracuje s pH papírky a **napiš svému kamarádovi postup**, jak používat pH papírky.

Papírek ponoříme do roztoku, jehož pH určujeme. Po pár sekundách papírek vyjmeme a pozorujeme vznik zbarvení papírku. Papírek přirovnáme ke škále na balíčku pH papírků a dle shodné barvy vyčteme hodnotu pH.

3) Prázdná **políčka vybarvi** barvami podle stupnice na obalu pH papírků. **Označ oblasti: kyselé, zásadité a neutrální.**



Lišejníky obsahují látky, které reagují na různé pH změnou barvy, čehož se využívá při výrobě pH papírků. Látky obsažené v lišejnících nejsou jediné, které mění barvu v závislosti na pH, existuje spousta dalších **přírodních látek**, které slouží jako ukazatel pH.

Převzato z [92]

PŘÍPRAVA LABOROVÁNÍ

Otestujeme 4 přírodní látky, které se zároveň používají i jako barviva různých nápojů a potravin. Připravte si jednotlivé roztoky dle návodu:

- 1) Barvivo **kurkumin** z M&M's/lentilek – vezměte si 3 žluté lentilky a vhod'te je do kádinky s 6 ml vody a 6 ml ethanolu (lihu). Míchejte obsah kádinky, dokud se do rozpouštědla uvolňuje barvivo, ale ne čokoládová vrstva.
- 2) Barvivo v **květech ibišku** – do kádinky nasyp'te zhruba 3 g sušených květů ibišku a nechejte chvíli louhovat v 20 ml vody, poté přefiltrujte na filtrační aparatuře do další kádinky.
- 3) Barvivo z **řepy** v práškovém nápoji Ovocé – 20 g prášku rozpustíme za pomoci míchání chemickou lžičkou v kádince s 30 ml vody.
- 4) Barvivo z **hmyzu** v gelové barvě Dr. Oetker – na špičku chemické lžičky naberte trochu gelu a rozpust'te ve 20 ml vody v kádince, zamíchejte chemickou lžičkou.

LABOROVÁNÍ

Vezměte si 5 zkumavek, jednu si nadepište jako „kyselina sírová“, druhou jako „ocet“, další „jedlá soda“ a „hydroxid sodný“. Na pátou napište „bez činidla“, bude sloužit k porovnání.

Do každé z pěti zkumavek nakapejte kapátkem 2 ml vámi připraveného roztoku barviva (nejprve do všech jen kurkumin). Přidejte pár kapek činidla nadepsaného na zkumavce – do zkumavky „kyselina sírová“ nakapejte pár kapek kyseliny sírové. To samé proveďte pro další činidla.

Výsledky po přidání činidel si překreslete pastelkami do prázdných políček níže, vznikne ti barevná škála pro dané barvivo.

Zkumavky si vypláchni a proveď stejný postup pro zbývající barviva.

Kyselina sírová a hydroxid sodný jsou žíravé látky, **pracujeme v rukavicích.**



Barevná škála pro **kurkumin**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

Barevná škála pro **barvivo z květů ibišku**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

Barevná škála pro **barvivo z řepy**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

Barevná škála pro **barvivo z hmyzu**:

10% kyselina sírová	ocet	bez činidla	10% roztok jedlé soda	10% roztok hydroxidu sodného

- 6) Porovnej všechny 4 barevné škály a vyber jednu přírodní látku jako nejvhodnější náhradu pH papírků. Uveď argumenty, proč ses tak rozhodl/a.

Květy ibišku mají nejvíce barevných přechodů v závislosti na změně pH, bude tedy sloužit jako dobrá náhrada za pH papírek.

- 7) Zapiš jednu hlavní myšlenku dnešní laboratorní práce:

Některé látky jsou pH senzitivní, což se projeví tak, že při změně pH změní barvu. Také látky mohou být používány k barvení nápojů.

BONUS: Které barvivo se nejlépe hodí k barvení kyselých nápojů (např. CocaCola nebo Fanta obsahují kyseliny jako konzervační látky)? Zdůvodni svou odpověď.

K barvení kyselých nápojů se nejlépe hodí taková barviva, která v kyselém prostředí nemění barvu – např. kurkumin, barvivo z květů ibišku, barvivo z hmyzu.

Příloha 12 – autorské řešení pracovního listu Syntetická a přírodní barviva

Laboratorní práce – syntetická a přírodní barviva

Jméno:

Barvy jsou všude okolo nás – v přírodě si barviva vyrábí samy rostliny nebo živočichové (např. plameňáci svému zbarvení vděčí oranžově zbarveným vodním korýšům). Barviva se však i ve velkém množství vyrábí člověkem (většinou z ropy) – takovým barvivům říkáme, že jsou syntetická (uměle vyrobená).



Převzato z
[93]

1) Proč si rostliny vyrábí barviva pro barvení květů a po odkvětu plodů, ačkoliv je to stojí spoustu energie?

K přilákání opylovačů (barva květů), k přilákání roznašečů semen (barva plodů)

2) Proč lidé uměle vyrábí barviva? K čemu je dle Tvého názoru nejvíce využívají?

Lidé vyrábí barviva, aby mohli barvit potraviny a předměty ve svém okolí, protože barevné látky jsou atraktivní. Nejvíce se barví textilie, fasády a omítky a potraviny.

Syntetická barviva se od těch přírodních v mnohém liší, například ve své trvanlivosti – kdybychom nechali potravinu barvenou přírodními barvivy na slunečním světle, po čase vybledne, zatímco syntetické barvivo si svou barvu uchová. Na další odlišné vlastnosti si dnes přijdeme.

3) Porovnej vzhled lentilek, které jsou barvené přírodními barvivy, s M&M's lentilkami, které jsou barveny syntetickými barvivy.

Syntetická barviva mají výraznější barvu oproti přírodním.

4) Napiš alespoň 2 příklady přírodních látek, kterými by mohly být lentilky barveny (vzpomeň si například na barvení vajíček na Velikonoce).

Kurkuma, avokádo, slupky z mrkve, cibule, červené zelí...

PŘÍPRAVA LABOROVÁNÍ

Budeme pracovat s barvivy rozpustnými ve vodě, u kterých hrozí, že se nám dostanou do odpadních vod. To může škodit vodním organismům. Vědci zkoumají, jak barviva z odpadních vod odstranit, aby neničila životní prostředí. Budeme testovat, jak je těžké „zničit“ přírodní a syntetická barviva Savem (prostředkem k dezinfekci). K tomu budeme potřebovat:

- roztoky přírodních barviv: **extrakt z řepy, extrakt z květů ibišku a extrakt z hmyzu**
- roztoky syntetických barviv: **červené azobarvivo, žluté azobarvivo a barvivo z tablety Ibalginu**

LABOROVÁNÍ

Odolnost vůči Savu vyzkoušíme tak, že si do zkumavky kapátkem nalijeme 5 ml daného barviva a k němu přikápneme 0,5 ml Sava, promícháme obsah zkumavky, zapíšeme výsledky a sledujeme změny v čase.

Savo je žíravá látka, pracujeme velmi opatrně v rukavicích a s brýlemi.



Vyplň si přehlednou tabulku, kde bude u každého barviva napsáno, **jak vypadal původní roztok a jak vypadal roztok po přidání Sava**. Také zaznamenej, **jak rychle došlo k pozorovatelné změně**.

	vzhled roztoku před přidáním Sava	vzhled roztoku po přidání 0,5 ml Sava	čas (s) – jak rychle jsi pozoroval/a změnu
barvivo z řepy	Světle růžový	bezbarvý	1
barvivo z květů ibišku	Červený	Bezbarvý	1
barvivo z hmyzu	Růžovofialový	Bezbarvý	5
červené azobarvivo	Intenzivně červený	Intenzivně červený	20
žluté azobarvivo	Intenzivně žlutý	Intenzivně žlutý	Neodbarvil se
barvivo z tablety Ibalginu	Růžový, zakalený roztok	Růžový, zakalený roztok	15

5) Porovnej, jaká barviva jsou vůči Savu odolnější, a svou odpověď zdůvodni na základě pozorování.

Nejodolnější jsou syntetická azobarviva, protože na rozdíl od přírodních nedošlo k okamžitému odbarvení roztoku po přidání Sava.

6) Která barviva mohou působit větší problém, pokud se dostanou do životního prostředí? (Zamysli se nad tím, která vydrží v přírodě déle, protože nejdou snadno „zničit“).

Je těžké zničit syntetická barviva – např. azobarviva, ačkoliv jsme použili silné oxidační činidlo Savo. Nejspíše bude problém je odstranit z odpadních vod.

7) Napiš hlavní myšlenku, kterou si z laboratorní práce odnášíš.

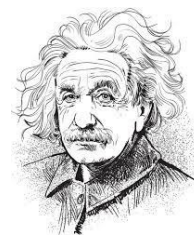
Syntetická barviva jsou odolnější než přírodní

Příloha 13 – autorské řešení pracovního listu Einsteinova hádanka s červenými roztoky

Einsteinova hádanka s červenými barvivy

Jméno:

Vypráví se, že Albert Einstein, geniální matematik a fyzik, sestavil typ logické úlohy, který dokáže vyřešit jen hrstka lidí. My si dnes vyzkoušíme podobnou úlohu avšak chemicky zaměřenou.



Převzato z [94]

2) Nejprve si zkuste vyřešit jednu z lehčích einsteinových hádanek.

V sousedství jsou tři domy vedle sebe, v každém domě bydlí jiný člověk a chová jiné zvíře. Víme, že:

1. Pan Domeček bydlí vedle paní Křížkové i vedle pana Kolečka.
2. Pan Kolečko chová kočku.
3. Paní Křížková nemá doma želvu.
4. Paní Křížková bydlí první zleva.
5. Pan Domeček nechová andulku.

Kdo kde bydlí a jaké zvíře chová? (Převzato z [95])

paní Křížková	pan Domeček	pan Kolečko
andulka	želva	kočka

LABOROVÁNÍ – příprava na hádanku

Budeme pracovat se třemi neznámými červenými roztoky, chceme **určit jejich škodlivost** (oproti ostatním dvěma), **název, použití a zajímavost** na základě experimentování.

Kapátkem nakapej 5 ml roztoku A do zkumavky a zapiš si jeho vzhled do kolonky „původní vzhled“. Poté si na něj posviť UV baterkou, výsledek pozorování si zapiš do tabulky. Nyní si do stejné zkumavky přidej kapátkem 0,5 ml 10% kyseliny sírové, zamíchej obsahem zkumavky a zapiš si změnu oproti původnímu vzhledu do tabulky. Vezmi si novou zkumavku, do které kapátkem nakapej 5 ml roztoku A a kapátkem přidej 0,5 ml 10% hydroxidu sodného.

To samé proved' i pro roztoky B a C.

Kyselina sírová a hydroxid sodný jsou žíravé látky, pracujeme v rukavicích.



	původní vzhled	fluorescence	přídavek 0,5 ml 10% kyseliny sírové	přídavek 0,5 ml 10% hydroxidu sodného
roztok A	Intenzivně červený roztok	Ne	Beze změny	Ztmavne
roztok B	Růžovočervený roztok	Ne	Trochu zesvětlá	zříváloví
roztok C	Růžový, zakalený roztok	ano	zesvětlá	Beze změny

EINSTEINOVA HÁDANKA S POZNATKY Z LABOROVÁNÍ

Nyní propojíme poznatky získané z laborování s hádankou.

Zadání hádanky: Barviva dělíme dle škodlivosti – např. způsobují hyperaktivitu u dětí, nebo jsou spojovány s rakovinou. Máme 3 barviva, všechny se vyskytují v potravinách. Zjistěte jejich **škodlivost** oproti ostatním dvěma a jejich **název, použití a zajímavost**.

Víme, že:

- 1) Látka, která nefluoreskuje, se používá jako barvivo do rtěnek.
- 2) Látka, která změní barvu po přidání kyseliny, má z celé trojice nejmenší nebezpečnost.
- 3) Látka, která se nezbarví po přidání hydroxidu do fialové barvy, může způsobovat hyperaktivitu u dětí.
- 4) Látka mající střední nebezpečnost z celé trojice se nazývá kyselina karmínová.
- 5) Látka získávaná z těl hmyzu nefluoreskovala, ale změnila barvu po přidavku kyseliny.
- 6) Látka, která se ani v jednom případě nezměnila, se přidává do alkoholických nápojů.
- 7) Látka vyrábějící se z dehtu se používá i jako součást inkoustů do tiskáren.
- 8) Ponceau nefluoreskuje a po přidání hydroxidu nemění barvu na fialovou.
- 9) Erythrosin se po přidavku kyseliny odbarvuje, po přidavku hydroxidu není fialový.
- 10) Ponceau 4R není nejméně nebezpečné barvivo.

Seřaď roztoky barviv dle škodlivosti ve srovnání se zbylými dvěma a ke každému uveď použití a zajímavost.

škodlivost	název barviva	použití	zajímavost
1 – nejméně	Erythrosin	Inkoust do tiskárny	Vyrábí se z dehtu
2	Kyselina karmínová	rtěnky	Získává se z těl hmyzu
3 – nejvíce	Ponceau 4R	Přidává se do alkoholu	Způsobuje hyperaktivitu u dětí

Napiš, co ses touto laboratorní prací naučil/a.

Barviva obsažená v potravinách se mohou používat i třeba jako inkoust do tiskárny, nebo barvivo v rtěnkách.

Příloha 14 – Návodů na přípravu roztoků k pracovnímu listu Proč se barví potraviny?

Práškový nápoj OVOCÉ s příchutí malina a jahoda

20 g prášku rozpustíme za pomoci míchání chemickou lžičkou v kádince s 30 ml vody.

Složení: cukr, kyselina – kyselina citronová, aroma, přírodní aroma, vláknina – inulin, vitamin C (kyselina L-askorbová), barvivo – betanin (E162), vitamin E (DL-alfa tokoferolacetát), přírodní aroma, zinek (citrát zinečnatý), vitamin D3 (cholecalciferol).

Fanta strawberry

Můžeš použít bez úpravy.

Složení: perlivá voda, ovocný kukuřičný sirup, kyselina citronová, přírodní aroma, benzoát sodný (k ochraně chuti), umělé barvivo (E129 červeň Allura AC*). *může mít neblahý vliv na činnost a pozornost dětí.

Ibalgin

- 2 tablety Ibalginu dáme do 30 ml vody a mícháme kádinkou tak dlouho, dokud se rozpouští růžová vrstva. Poté přefiltrujeme.

Složení: hypromelosa, polyethylenglykol, mastek, oxid titaničitý, barvivo erythrosin (E127), simetikonová emulze

Růžová gelová barva Dr. Oetker

Na špičku chemické lžičky naberte trochu gelu a rozpustě ve 30 ml vody v kádince, zamíchejte chemickou lžičkou.

Složení: glukózový sirup, cukr, voda, barvivo (karmín (E 120)), želírující látka (karagenan (E 407)), regulátory kyselosti (kyselina citrónová (E 330), kyselina mléčná (E 270), kyselina octová (E 260), mléčnan sodný (E 325)), konzervant (sorban draselný (E 202)).

Alkoholický nápoj Jelzin jahoda

Můžeš použít bez úpravy.

Složení: Voda, líh, cukr, přírodní aroma, barvivo E124 (Ponceau 4R). kyselina E330. stabilizátor E414, E445