

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra učitelství a didaktiky chemie

Studijní program: Chemie

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



Bc. Markéta Karlínová

EXPERIMENTY JAKO NEDÍLNÁ SOUČÁST VÝUKY CHEMIE
THE EXPERIMENTS AS INTEGRAL PART TO CHEMICAL EDUCATION

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce: RNDr. Simona Hybelbauerová, Ph.D.

Praha, 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně 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, 22. května 2017

Podpis:

ABSTRAKT

Nejoblíbenějšími nealkoholickými nápoji žáků na školách jsou rozhodně různé typy slazených nápojů. Poslední dobou je velmi diskutované téma týkající se potravin a nápojů, které si žáci mohou ve škole zakoupit. Zákaz sladkých nápojů a pamlsků ve školách prosadil za minulé vlády bývalý ministr školství Marcel Chládek. Tato vyhláška dostala přezdívku pamlsková a začala platit již 20. září 2016 a školy ji musí dodržovat od 1. ledna 2017.⁽¹⁾

Pro zvýšení atraktivity výuky *Chemie* a větší zapojení žáků do předmětu je vhodné propojovat vyučovaná témata s praktickým životem. Z tohoto důvodu je žádoucí k experimentování používat látky běžně žákům známé, například kolové nápoje.

Diplomová práce představuje experimenty s kolovými nápoji od tří výrobců a to *Coca – Cola HBC Česká a Slovenská republika*, *PepsiCo CZ s.r.o.* a *Kofola Československo a.s.* Zájem je soustředěn především na potravinářské aditivní látky. Jedná se o látky jak anorganické, tak organické chemie. Všechna rozebíraná témata jsou přímo zařazena v základních kurikulárních dokumentech RVP G.

Experimenty jsou zaměřeny tak, aby žáci byli schopni odvodit složení pěti nejčastěji nakupovaných kolových nápojů – *Coca – Cola*, *Pepsi Cola*, *Kofola*, *Coca – Cola Zero* a *Pepsi Cola Max*. Odvodí rozdílné složení těchto kolových nápojů a z teorie o jednotlivých látkách vnímají jejich důsledky na lidský organizmus.

Klíčová slova:

experimenty s kolovými nápoji, regulátory kyselosti, sladidla, methanolová kauza, univerzální indikátor

ABSTRACT

The most popular non-alcoholic beverage of pupils at schools is definitely different types of sweetened drinks. Recently there is a discussed topic concerning about food and drink that pupils can buy at school. The former Minister of Education, Marcel Chládek, has forbidden the ban on sweet drinks and snack at schools. He got the prohibition against selling sweet drinks and snack at school through Parliament. This decree was given the alternative name *pamlsková* and came into force on September 20, 2016 and schools must comply with it from January 1, 2017.⁽¹⁾

To increase the attractiveness of effective teaching of chemistry and greater involvement of pupils in the subject, it is appropriate to connect the theoretical subjects taught with practical life. For this reason, it is appropriate to experiment with the use of substances commonly known to pupils, for example soft drinks.

This diploma thesis presents experiments with soft drinks made by three manufacturers and *Coca – Cola HBC Česká a Slovenská republika*, *PepsiCo CZ s.r.o.* and *Kofola ČeskoSlovensko a.s.* The interest is mainly concentrated on food additive substances. These are substances of both inorganic and organic chemistry. All the topics discussed are directly included in the basic curriculum documents of RVP G.

The experiments are designed to give students the ability to derive the composition of the five most commonly purchased wheeled drinks - Coca-Cola, Pepsi Cola, Kofola, Coca-Cola Zero and Pepsi Cola Max. It derives the different composition of these wheeled drinks and from the theory of individual substances perceive their consequences for the human organism.

Keywords:

experiments with wheeled drinks, acidity regulators, sweeteners, methanol case, universal indicator

Na tomto místě bych velmi ráda poděkovala své vedoucí závěrečné práce RNDr. Simoně Hybelbauerové, Ph.D. za odbornou pomoc při experimentech a při psaní diplomové práce. Dále za morální povzbuzování při neúspěšných experimentech. Velké poděkování patří mé rodině, která mě po celou dobu studia podporuje a nepřestala ani při psaní diplomové práce.

OBSAH

1.	ÚVOD	- 9 -
2.	CÍLE PRÁCE	- 10 -
3.	TEORETICKÁ ČÁST	- 11 -
3.1.	ADITIVNÍ LÁTKY	- 11 -
3.1.1.	<i>Látky prodlužující údržnost</i>	- 12 -
3.1.2.	<i>Látky upravující aroma</i>	- 13 -
3.1.3.	<i>Látky upravující barvu</i>	- 41 -
3.1.4.	<i>Látky upravující texturu</i>	- 42 -
3.1.5.	<i>Látky zvyšující biologickou hodnotu</i>	- 43 -
3.1.6.	<i>Další aditivní látky</i>	- 44 -
3.2.	UNIVERZÁLNÍ INDIKÁTOR	- 47 -
3.3.	METHANOLOVÁ KAUZA	- 49 -
3.3.1.	<i>Methanol</i>	- 49 -
3.3.2.	<i>Vývoj událostí methanolové kauzy v ČR</i>	- 50 -
3.3.3.	<i>Případy otrav methanolu v Norsku a Estonsku</i>	- 52 -
3.4.	DIDAKTICKÉ PŘÍSTUPY	- 54 -
3.4.1.	<i>Experiment</i>	- 54 -
3.4.2.	<i>Experimentální vyučování</i>	- 55 -
3.4.3.	<i>Projektové vyučování</i>	- 56 -
3.4.4.	<i>Badatelsky orientovaná výuka</i>	- 57 -
4.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	- 58 -
4.1.	Odstranění barviva v kolových nápojích	- 59 -
4.2.	Thymolová reakce na kolových nápojích	- 60 -
4.3.	Sladidla v kolových nápojích	- 63 -
4.4.	Umělá sladidla v kolových nápojích	- 67 -
4.5.	Kyselina fosforečná x citronová kyselina v kolových nápojích	- 69 -
4.6.	Univerzální indikátor x kolové nápoje	- 72 -
4.7.	Rozlišení jednotlivých typů alkoholů pomocí vanilinosírové kyseliny	- 75 -
5.	PRACOVNÍ LISTY	- 78 -
5.1.	Pracovní list pro žáky – barviva	- 78 -
5.2.	Pracovní list pro žáky – thymolová reakce	- 80 -
5.3.	Pracovní list pro žáky – sladidla I.	- 81 -

5.4.	Pracovní list pro žáky – sladidla II.....	- 83 -
5.5.	Pracovní list pro žáky – umělá sladidla	- 84 -
5.6.	Pracovní list pro žáky – regulátory kyselosti	- 86 -
5.7.	Pracovní list pro žáky – univerzální indikátor.....	- 87 -
5.8.	Pracovní list pro žáky- alkoholy.....	- 89 -
5.9.	Návrh vyučovací hodiny	- 90 -
5.10.	Projekt – kolové nápoje	- 93 -
6.	DISKUZE	- 97 -
6.1.	Diskuze k teoretické části.....	- 97 -
6.2.	Diskuze k experimentální části.....	- 98 -
6.3.	Diskuze k pracovním listům.....	- 102 -
7.	ZÁVĚR	- 104 -
8.	LITERATURA	- 105 -
9.	ZDROJE OBRÁZKŮ	- 110 -
10.	PŘÍLOHY	- 113 -
10.1.	Obrázky nevyhovujících lihovin.....	- 113 -
10.2.	Přílohy - obrázky.....	- 115 -
10.3.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – barviva	- 124 -
10.4.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – thymolová reakce	- 126 -
10.5.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – sladidla I	- 128 -
10.6.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – sladidla II	- 130 -
10.7.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – umělá sladidla	- 132 -
10.8.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – regulátory kyselosti.....	- 134 -
10.9.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – univerzální indikátor	- 137 -
10.10.	Řešení pracovního listu pro pedagogy – alkoholy.....	- 139 -

Přehled použitých zkratk

BHA	2- <i>terc.</i> butyl-4-hydroxyanisol
BHT	3,5-di- <i>terc.</i> butyl-4-hydroxytoluen
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
GI	glykemický index
IBSE	badatelsky orientovaná výuka
ICT	informační a komunikační technologie
KUDCh	Katedra učitelství a didaktiky chemie
PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia
SŠ	střední škola
TBHQ	2- <i>terc.</i> butyl-1,4-hydrochinon
ZŠ	základní škola

1. ÚVOD

Experimenty jako nedílná součást výuky *Chemie* byly vybrány jako téma diplomové práce z důvodu aktuálního trendu ve výuce *Chemie*, tj. didaktický přístup - IBSE. IBSE neboli badatelsky orientovaná výuka si inspiraci vzala z vědy. Žáci si na základě vlastního bádání odvozují závěry a získávají nové poznatky stejně jako odborníci ve vědě. Poznatkem může být nejen nějaká zajímavá informace ohledně chemických látek, ale i třeba zkušenost a manuální práce v laboratoři. Role pedagoga je v této metodě velmi omezena. Pedagog se stává pouze průvodcem či pomocníkem v hodině.

Hlavními tématy diplomové práce jsou kolové a alkoholové nápoje. Téma je zvoleno s ohledem na zvyšující se zájem veřejnosti o složení potravin, které konzumují. Zaměřila jsem se tedy na aditivní látky v kolových nápojích a alkoholických nápojích.

Práce je rozdělena do teoretické a experimentální části. V teoretické části jsou zmíněny zajímavé informace o aditivních látkách v různých typech potravin, methanolová kauza a didaktické přístupy ve vyučování. Dále se v experimentální části diplomové práce nacházejí postupy k jednotlivým experimentům a nakonec je kapitola s připravenými pracovními listy pro žáky a samozřejmě jejich řešení pro pedagogy v příloze této práce.

2. CÍLE PRÁCE

Na základě zvoleného tématu diplomové práce byly stanoveny následující cíle práce:

- sepsání studijního textu o aditivních látkách
- návrh nových či inovovaných experimentů na téma aditivní látky
- experimentální ověření navržených experimentů
- vytvoření pracovních listů na laboratorní práce
- návrh zařazení experimentů do výuky *Chemie* na SŠ

3. TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části diplomové práce jsou zmíněna témata, která souvisí s experimentální částí práce. Témata jsou různorodá, nelze je zařadit do jedné skupiny. Zájem je soustředěn především na látky, které se vyskytují v potravinách a drogistických výrobcích nebo určitým způsobem souvisí s veřejným životem kolem nás. Z potravin je zde zmíněno rozdílné složení kolových nápojů s ohledem na obsahující aditivita, konkrétně regulátory kyselosti a sladidla. Z látek, které souvisejí s veřejným životem, je zmíněn methanol, ethanol a další typy alkoholů kvůli nedávno proběhlé methanolové kauze.

3.1. ADITIVNÍ LÁTKY

Potravinářské aditivní látky neboli potravinová aditiva jsou sloučeniny nebo jejich směsi, které se k potravinám přidávají záměrně buď při výrobě, zpracování, skladování nebo až při balení. Účelem je zvýšení jejich kvality – např. prodloužení trvanlivosti, zlepšení vůně, chuti, barvy či výživové hodnoty aj. Může se jednat i o přirozenou součást dané potraviny. Samostatně se sloučeniny nebo směsi nepoužívají.⁽²⁾

Výhodou používání aditivních látek jsou v mnoha případech toxikologicky bezpečnější a výživově hodnotnější potraviny. Kromě výhod používání aditivních látek se objevují i některá rizika. Většinou se jedná o krátkodobé nepříznivé účinky. Rizika provázející dlouhodobé používání aditivních látek nebyla doložena. Příkladem krátkodobých nepříznivých účinků oxidu siřičitého je u některých zvláště citlivých jedinců dermatitida nebo alergie.⁽²⁾

Velmi důležité je průběžné hodnocení možných rizik s ohledem na nová zjištění v oblasti toxikologie. Druhy a množství aditivních látek vyskytujících se v potravinách stanovuje příslušná legislativa. Kromě druhu a množství aditivních látek legislativa stanovuje i podmínky používání a označování jejich přítomnosti na obalech výrobků.⁽²⁾

Mezi aditivní látky řadíme celou řadu sloučenin. Rozdělujeme je podle toho, co je jejich hlavním úkolem, na:⁽²⁾

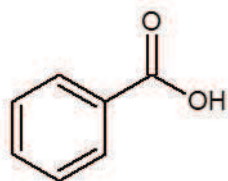
- látky prodlužující údržnost
- látky upravující aroma
- látky upravující barvu
- látky upravující texturu
- látky zvyšující biologickou hodnotu
- další aditivní látky

3.1.1. Látky prodlužující údržnost

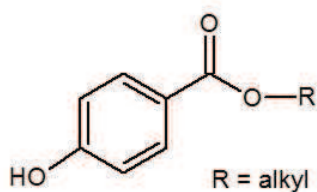
Látky prodlužující údržnost potravin rozdělujeme do dvou základních druhů. Prvním druhem jsou látky antimikrobní. Druhým druhem jsou antioxidanty.

První druh je veřejnosti znám spíše pod pojmem konzervanty neboli konzervační prostředky. Používání konzervantů je prevencí intoxikace bakteriálního a plísňového původu. Antimikrobní účinky má velké množství přírodních složek obsažených v potravinářských výrobcích. Jako konzervanty se používají některé organické kyseliny a jejich sole, ale i anorganické kyseliny či jejich sole a oxidy. Například se využívá již zmíněný oxid siřičitý. Konzervační účinky mohou mít i organické a anorganické látky, které se formálně řadí do jiných skupin potravinářských aditiv (např. kyselina octová – acidulanty).⁽²⁾

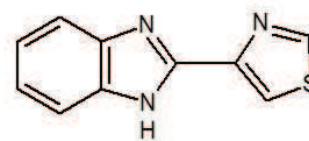
Mezi konzervanty řadíme podle chemické struktury velké množství sloučenin. Například to jsou kyselina benzoová (Obr. 1), kyselina sorbová (Obr. 4) a parabeny (Obr. 2). Z dalších organických látek sem řadíme i antibiotika (např. nisin, natamycin), bifenyl a jeho deriváty a thiabendazol (Obr. 3).⁽²⁾



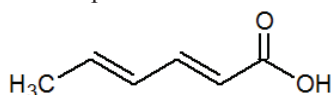
Obr. 1 – struktura kyseliny benzoové



Obr. 2 – struktura obecného parabenu



Obr. 3 – struktura thiabendazolu



Obr. 4 – struktura kyseliny sorbové

Z anorganických sloučenin se používá oxid siřičitý, siřičitany, dusitany, chlorid sodný aj.

Druhým druhem látek prodlužujících údržnost jsou antioxidanty. Jedná se o látky, které chrání potraviny před znehodnocením způsobeném oxidací. Projevem je žluknutí tuků a dalších složek přítomných v potravíně, které dobře oxidují vzdušným kyslíkem. V potravinách nalezneme buď syntetické, nebo přírodní antioxidanty. Mezi přírodní řadíme velké množství bylin a koření. Mezi syntetické antioxidanty povolené v ČR patří BHA, BHT, TBHQ, gallátty a fumarová kyselina. Z chemického hlediska se jedná nejčastěji o jednoduché fenoly, fenolové kyseliny a jejich deriváty, kurkuminoidy, terpenoidy a flavonoidy.⁽²⁾

3.1.2. Látky upravující aroma

Látky používané k aromatizaci potravin jsou nejrozsáhlejší skupinou aditivních látek. Rozlišují se následující hlavní skupiny:

- vonné a chuťové (aromatické) látky
- sladidla
- acidulanty a regulátory kyselosti
- látky hořké a povzbuzující
- intenzifikátory aróma

3.1.2.1. Vonné a chuťové látky

Aromatické látky jsou látky působící na čichové a chuťové receptory člověka. Úkolem aromatické látky je vyvolání vjemu vůně anebo chuti člověku. Dalším úkolem je vytvoření aroma potravíně.⁽²⁾

Látky dělíme podle jejich vzniku či získání na:

- a) přírodní aromatické látky – látky, které získáváme z přírodních materiálů různými postupy
- b) aromatické látky přírodně identické – látky, které jsou získány synteticky, ale jsou naprosto identické s látkami přítomnými v přírodních materiálech
- c) umělé aromatické látky – látky, které jsou získány synteticky, ale nejsou identické s přírodními aromatickými látkami

Za aromatické látky nepovažujeme látky zařazené jako potraviny, které mají sladkou, kyselou, hořkou nebo slanou chuť. Mezi aromatické látky nezařazujeme

ani takové materiály, které mají již vlastní aroma (nepoužívají se ani k výrobě aromatických látek).⁽²⁾

Extrakty z jakých rostlin aromatizujeme potraviny? Tak například bezem černým (Obr. 5), chinovníkem (Obr. 6), mátou kadeřavou, šalvějí lékařskou, pelyňkem černobýlem nebo dobře známou aloe verou (Obr. 7).



Obr. 5 - květ bezu černého



Obr. 6 - chinovník



Obr. 7 - Aloe vera

Některé rostlinné materiály jsou povoleny jako zdroje vonných a chuťových látek obsahující zdravotně závadné látky. Toxické látky obsahuje celá řada dalších bylin. Používají se výhradně k aromatizaci lihovin, kořeněných vín, aj. alkoholických nápojů. Příkladem používaných rostlin obsahujících toxickou látku je bez černý a jeho toxická látka kyanovodík, chinovník a jeho toxická látka chinin.⁽²⁾

3.1.2.2. Sladidla

Přírodními sladidly potravin jsou monosacharidy, disacharidy a v menším množství také cukerné alkoholy. Kromě sacharidů potraviny obsahují i umělá sladidla.

Využití sladidel v potravinářském průmyslu je značně ovlivněno stupněm jejich sladivosti. Stupeň sladivosti je vyjadřován jako poměr relativní sladivosti k sladivosti 10% roztoku sacharózy. Stupeň sladivosti sacharózy je 1. V tabulce č. 1 nalezneme stupně sladivosti různých sladidel využívaných v potravinářství.⁽³⁾

Tab. č. 1 - Stupně sladivosti

Sladidlo	Stupeň sladivosti
Glukóza	0,7
Fruktózový sirup – 90 % fruktózy	1,5
Sacharóza	1,0
Aspartam	100-200
Acesulfam K	130
Sacharin – sodná sůl	200-700
Sukralóza	600

3.1.2.2.1. Sacharidy

Sacharidy se spolu s tuky a proteiny řadí k základním živinám. V buňkách zastávají rozmanité funkce.

Jsou využívány jako zdroj energie (1 g cukru poskytuje 17 kJ). Přibližně 75 % příjmu energie zajišťují polysacharidy. Zbytek je získáván z monosacharidů a oligosacharidů. Také se jedná o základní stavební jednotky mnoha buněk (chrání buňky před vnějšími vlivy). Některé sacharidy jsou složkami mnoha biologicky aktivních látek, např. glykoproteinů, nukleových kyselin, koenzymů, hormonů, vitamínů a mnoha dalších látek. Souhrnný název cukry se používá pro monosacharidy a oligosacharidy v potravinářství kvůli jejich společným vlastnostem a především společné sladké chuti.⁽⁴⁾

Glykemický index

Glykemický index je číselný index, který třídí sacharidy na základě rychlosti jejich glykemické odezvy (tj. přeměny na glukózu v lidském těle). Tím se určuje i tvorba a uvolnění inzulínu ze slinivky břišní do lidské krve. Glykemický index nabývá hodnot na stupnici od 0 do 100. Vyšší hodnoty glykemického indexu způsobují rychlý vzestup hladiny cukru v krvi.

Čistá glukóza slouží jako referenční hodnota a má hodnotu na glykemické stupnici (GI) 100. Některé hodnoty potravin mohou převyšovat i hodnotu glukózy, např. pivo.

Hodnoty jsou stanoveny experimentálně. Experimentální metoda spočívá v tom, že testovaným osobám se podá ráno strava a následným odebíráním vzorků krve v daných časových intervalech se dospěje k hodnotě glykemického indexu. První známá studie glykemického indexu byla provedena v nemocnici svatého Michala v Torontu v Kanadě. K rozšíření studie došlo na Univerzitě v Sydney v Austrálii.⁽⁵⁾

Proč je glykemický index tak důležitý pro lidské tělo? Lidské tělo funguje nejlépe, pokud je hladina cukru v krvi stále stejná nebo podobná. Pokud hladina krevního cukru klesne příliš nízko, mozek pošle signál žaludku, že má hlad. Naopak když bude hladina cukru příliš vysoká, mozek pošle signál slinivce břišní, aby začala vylučovat inzulín.

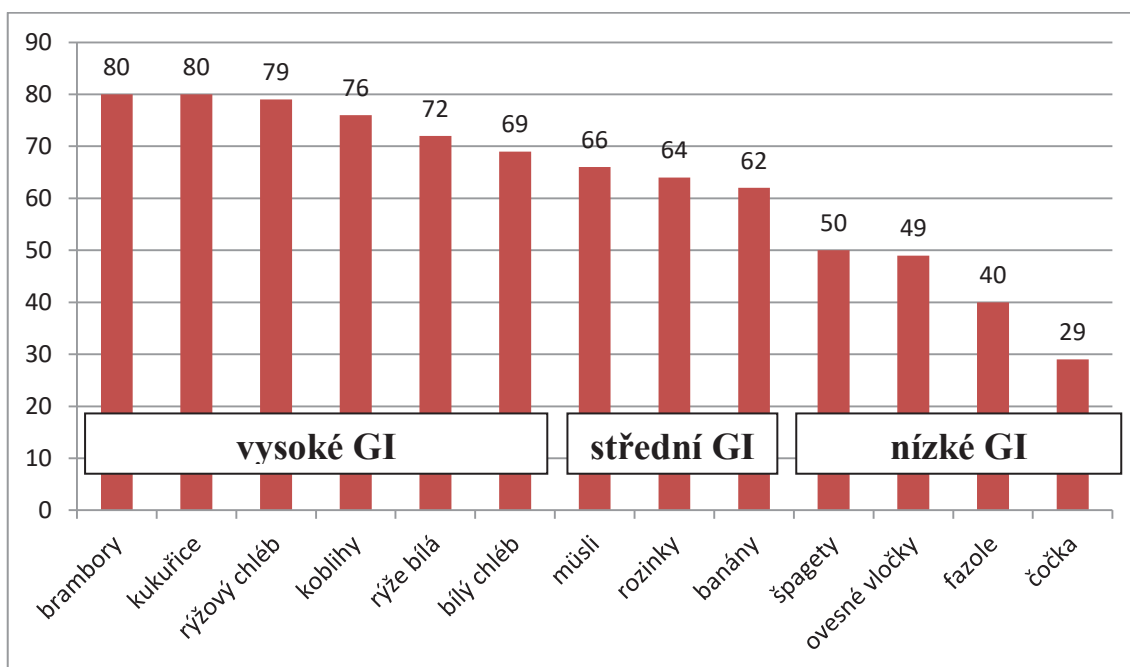
Cílem inzulínu je snižování hladiny cukru v krvi. Úkolem je přeměnit přebytek cukru v tuk, který se uloží do lidského těla. Není vyloučeno, že slinivka břišní nevyloučí

více inzulínu než je množství cukru. V tomto případě se hladina cukru dostane naopak na příliš nízkou hodnotu.

Pro člověka není vhodné konzumovat potraviny, které způsobují velkou a rychlou glykemickou odezvu, tj. vyšší hodnotu glykemického indexu. Prvotním projevem je nárůst energie a nálady. Je to způsobeno stoupající hladinou cukru v krvi. Následně ale přichází rychlý pokles sacharidu v krvi. Následkem je jeho přesun do buněk a přeměna na tuky, které se ukládají v tukové tkáni. Člověk pocítí únavu a hlad.⁽⁵⁾

V následující tabulce (Tab. č. 2) jsou uvedeny glykemické indexy vybraných potravin a rozdělení do skupin dle hodnoty GI:⁽⁶⁾

Tab. č. 2 - Glykemické indexy vybraných potravin



Monosacharidy jsou běžnou součástí téměř všech potravin. Ve velmi velkém množství jsou zastoupeny v ovoci a zelenině. Obsah sacharidu se zvyšuje v době zrání. Velký vliv na množství monosacharidů mají podmínky posklizňového skladování a zpracování. Hlavními sacharidy jsou glukóza a fruktóza.⁽⁴⁾

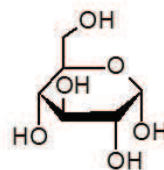
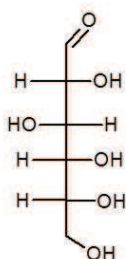
Obsah monosacharidů v čerstvém ovoci (% v jedlém podílu) vyjadřuje následující tabulka:⁽⁷⁾

Tab. č. 3 - Obsah monosacharidů v čerstvém ovoci (v % v jedlém podílu)

ovoce	glukóza	fruktóza
jablka	1,8	5,0
hrušky	2,2	6,0
třešně	5,5	6,1
banány	5,8	3,8
datle	32,0	23,7
grapefruity	2,0	1,2

3.1.2.2.1.1. Glukóza

Glukóza, označována též jako hroznový cukr, je monosacharid (viz. Obr. 8 a Obr. 9). Je základem většiny složených sacharidů. Jedná se o redukující sacharid, protože ve své molekule obsahuje na poloacetalovém uhlíku volnou hydroxylovou skupinu.



Obr. 8 - Fischerova projekce D-glukózy

Obr. 9 - Haworthův vzorec D-glukózy

Glukóza se vyrábí ze škrobu hydrolýzou zředěnou kyselinou chlorovodíkovou nebo kyselinou sírovou za vyšší teploty (120 - 130°C). Polysacharid se postupně rozštěpí na dextriny, maltózu až na glukózu. Roztok se neutralizuje buď sodou při hydrolýze kyselinou chlorovodíkovou, nebo křídou při hydrolýze kyselinou sírovou. Poté se roztok odbarvuje aktivním uhlím. Proběhne ještě filtrace, zahuštění a nakonec se nechá konečný produkt vykristalizovat.⁽⁴⁾

V přírodě se vyskytuje volná ve sladkém ovoci (například jablka – Obr. 10, třešně – Obr. 11, datle – Obr. 12), medu a v krvi člověka. Vázaná je ve složených sacharidech – například škrobu, celulóze, glykogenu, sacharóze, laktóze a maltóze.⁽⁴⁾



Obr. 10 - Jablko



Obr. 11 - Třešně



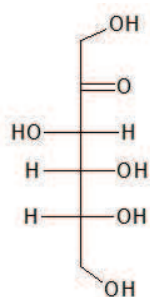
Obr. 12 - Datle

V lidském těle je glukóza základním zdrojem energie. Pro přechod glukózy z krve do buněk, kde se rozkládá za uvolnění velkého množství energie, je potřeba hormonu inzulínu. Tento hormon uvolňuje slinivka břišní. Inzulín pomáhá přestupu glukózy do buněk celého těla. Do zásoby je ukládána v podobě glykogenu v játrech a svalech. Pokud lidské tělo nepřijímá dostatek glukózy potravou, tak organismus začne reagovat. Proces je nazýván glukoneogeneze, tj. organismus si začne glukózu vyrábět.⁽⁸⁾ Některé tkáně v lidském těle využívají glukózu jako výhradní zdroj energie. Mezi tyto tkáně řadíme například mozek, sítnici v oku, erytrocyty a mnoho dalších.⁽⁶⁾

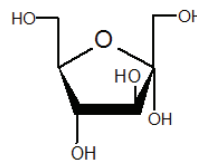
Hladina glukózy v krvi se nazývá odborným pojmem glykémie. Její hodnota je 4 – 6 mmol/l. Pokud je hladina glukózy nižší než tato hladina, jedná se o hypoglykémii. Naopak pokud je hladina glukózy vyšší než tato hladina, jedná se o hyperglykémii.⁽⁶⁾

3.1.2.2.1.2. *Fruktóza*

Fruktóza, označována jako ovocný cukr, je monosacharid (viz. Obr. 13 a Obr. 14). Jedná se o tzv. redukující sacharid, protože ve své molekule obsahuje na poloacetalovém uhlíku volnou hydroxylovou skupinu. Je sladší než glukóza. (viz. Tab. č. 1)⁽⁴⁾



Obr. 13 - Fischerova projekce D-fruktózy



Obr. 14 - Haworthův vzorec α -D-fruktózy

Fruktóza se vyskytuje stejně jako glukóza v ovoci a zelenině (např. cibule – Obr. 15, okurka, rajče – Obr. 16, paprika, zelí – Obr. 17). Je také součástí medu. Med

obsahuje 70 % glukózy a fruktózy v určitém poměru, 2 – 4 % sacharózy, bílkoviny, vodu, vitamíny (D, C, H, K, E), minerální látky (P, Ca, K, Fe, Na, Cl, Mg), aromatické látky, barviva a enzymy.⁽⁴⁾



Obr. 15 - Cibule



Obr. 16 - Rajče



Obr. 17 - Zelí

Fruktóza se většinou přeměňuje na tuky triacylglyceridy. Ty se spolu s cholesterolem ukládají v cévách. Fruktóza, na rozdíl od glukózy, dokáže méně stimulovat centra v mozku. Ty nás neupozorňují, že jsme sytí a tak máme stále hlad. Sníme toho tím pádem mnohem více. Tloustneme a máme větší riziko vzniku všech nemocí způsobených obezitou.⁽⁹⁾

Někteří odborníci doporučovali fruktózu diabetikům, protože má nižší glykemický index než glukóza a sacharóza. Fruktóza skutečně nezvyšuje hladinu krevního cukru, ale zvyšuje hladinu hormonu gherlinu, který podporuje chuť k jídlu.⁽⁸⁾

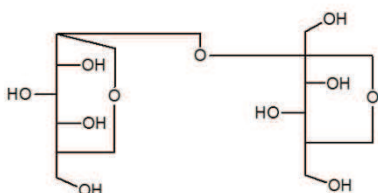
Oligosacharidy jsou sacharidy složené ze dvou až deseti monosacharidových jednotek. V potravinách (v ovoci, zelenině, mléce a medu) je obsaženo velké množství volných nebo vázaných oligosacharidů. Většinou jsou složeny z monosacharidů – glukózy, fruktózy, galaktózy a maltózy v různých kombinacích. Mezi nejvýznamnější oligosacharidy patří disacharidy.⁽⁴⁾ Mezi zmíněné disacharidy patří například sacharóza. Obsah sacharózy v čerstvém ovoci je uveden v tabulce (Tab. č. 4):⁽⁷⁾

Tab. č. 4 Obsah sacharózy v čerstvém ovoci (% v jedlém podílu)

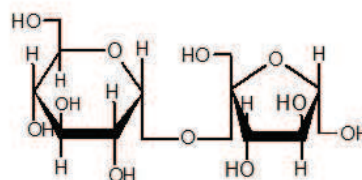
ovoce	sacharóza
jablka	2,4
meruňky	4,4
broskve	6,7
pomeranče	4,7
ananas	7,9

3.1.2.2.1.3. Sacharóza

Sacharóza, označovaná jako řepný či třtinový cukr, je disacharid, který se skládá z α -D-glukózy a β -D-fruktózy spojené $\alpha(1,2)$ vazbou (viz. Obr. 18 a Obr. 19). Jedná se o neredukující sacharid, protože neobsahuje žádný volný poloacetalový hydroxyl. Hydroxylové skupiny přítomné na poloacetalových uhlících jednotlivých monosacharidových jednotek (glukózy, fruktózy) se účastní glykosidové vazby.



Obr. 18 - Tollensův vzorec sacharózy



Obr. 19 - Haworthův vzorec sacharózy

Ve větším množství se sacharóza vyskytuje ve vegetativních částech rostlin, např. v listech a stoncích (cukrová třtina (Obr. 20) obsahuje 12 - 26 %, cukrová kukuřice (Obr. 21) 12 - 17 % sacharózy) a v plodech (jablka, pomeranče, meruňky (Obr. 22), broskve, ananasy).⁽⁷⁾



Obr. 20 - Cukrová třtina



Obr. 21 - Cukrová kukuřice



Obr. 22 - Meruňky

Hlavním průmyslovým zdrojem sacharózy je cukrová třtina. V našich podmínkách se jedná o cukrovou řepu. Dnešní šlechtěné odrůdy obsahují 15 - 20 % sacharózy.

Výroba sacharózy z cukrové řepy spočívá v extrakci řízků vodou při zvýšené teplotě. Proces se nazývá difúze. Tímto procesem vzniká tzv. difúzní šťáva. Další fází je čištění (epurace) surové šťávy. Při čištění dochází k odstranění bílkovin, aminokyselin, polysacharidů, redukujících sacharidů a dalších látek. Tento děj se nazývá čerání. Při čištění se k roztoku přidává vápenné mléko (hydroxid vápenatý). Jeho působením dojde k neutralizaci kyselin. Tím se zabrání inverzi sacharózy. Přebytečný hydroxid vápenatý odstraníme pomocí saturace oxidem uhličitým (vzniká uhličitán vápenatý). Vysrážené zbytky, tzv. saturační kal, se odfiltruje a vzniká lehká šťáva.⁽⁴⁾ Po zahuštění vzniká těžká šťáva, která obsahuje 61 - 67 % sacharózy.

Z ní se opakovanou krystalizací získá asi 85 - 90 % sacharózy. Zbytek zůstává v tekutém podílu, melase.⁽⁷⁾

Sacharóza se přednostně používá jako univerzální sladidlo. Dále je surovinou pro výrobu invertního cukru. Kyselou nebo enzymovou hydrolýzou, tzv. inverzí, se ze sacharózy vyrábí ekvimolární směs D-glukózy a D-fruktózy. Tato ekvimolární směs se nazývá invertní cukr. Invertní cukr se používá jako aditivní látka, nejčastěji ve formě sirupu. Kromě toho slouží jako výchozí surovina pro získávání D-glukózy a D-fruktózy, náhradních sladidel glucitolu, mannitolu a dalších látek.⁽⁷⁾

Zahříváním na 180 - 200 °C se sacharóza mění na karamel. Karamelizace je proces, při kterém z cukrů vznikají hnědé až hnědočerné amorfnní produkty různého složení nazývané karamel. Roztoky karamelu se nazývají cukerný kulér. Nejčastěji se karamel vyrábí ze sacharózy, glukózy, fruktózy a popřípadě škrobu. Karamely se používají k barvení piva a dalších alkoholických nápojů, nealkoholických nápojů, octa, cukrovinek, pekařských a masných výrobků. Podle technologického postupu (tj. podle přídavných látek urychlující karamelizaci) se rozlišují různé druhy karamelů (viz. Tab. č. 5):⁽⁷⁾

Tab. č. 5 - Klasifikace cukerných kulérů a jejich použití

třída	název kuléru	E- kód	přídavné látky	použití
I	kaustický	E-150a	citronová kyselina, $NaOH$, Na_2CO_3	Lihoviny s vysokým obsahem alkoholu
II	kaustický sulfitový	E-150b	SO_2, H_2SO_4, K_2SO_3	Sladový chléb, ocet, pivo, lihoviny, vína, medoviny
III	amoniakový	E-150c	$NH_3, (NH_4)_2SO_4, KOH$	Pivo aj. alkoholické nápoje, kyselé potraviny
IV	amoniakový- sulfitový	E-150d	$NH_3, SO_2, Na_2SO_3, K_2CO_3$	Kyselé potraviny, nealkoholické nápoje

Jako každá aditivní látka je označena pomocí evidenčního symbolu, tzv. E-kódu, tak i druhy karamelů mají svoje E-kódy (viz. Tab. č. 5). Tyto E-kódy nalézáme na obalu potraviny.⁽¹⁰⁾

3.1.2.2.1.4. Důkazové reakce

Existuje několik důkazových reakcí na sacharidy, které rozdělujeme na:

- rozlišovací reakce na přítomnost či nepřítomnost sacharidu
- odlišení pentóz a hexóz
- odlišení aldóz a ketóz
- rozlišení redukujících a neredukujících sacharidů

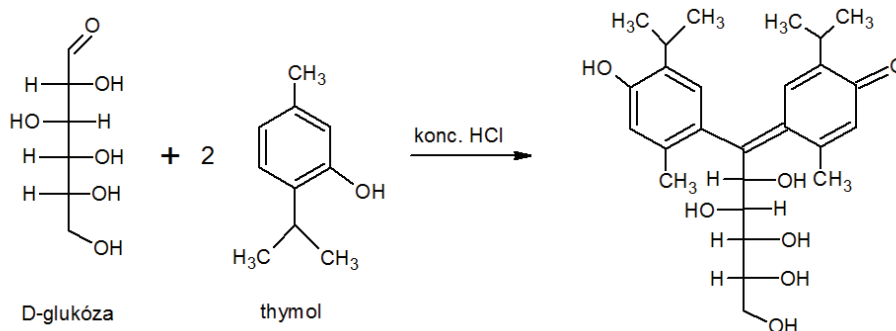
Příkladem na rozlišení přítomnosti či nepřítomnosti sacharidu je tzv. thymolová reakce. Kromě thymolové reakce existuje ještě tzv. Molischova reakce. Příkladem odlišení pentóz a hexóz je reakce s Bialovým činidlem. Reakce s močovinou a Selivanova reakce odlišuje aldózy a ketózy. Příkladem rozlišení redukujících a neredukujících sacharidů je Fehlingova zkouška nebo reakce s Tollensovým činidlem.⁽¹¹⁾

Thymolová reakce:

Thymolová reakce je důkazová reakce na přítomnost sacharidů ve vzorku. K důkazu je potřeba 3% roztok thymolu v ethanolu, koncentrovaná kyselina chlorovodíková a pevný chlorid sodný.

Postup je následující: K 0,5 ml roztoku vzorku sacharidu – glukózy, sacharózy, škrobu – se přidají 3 kapky 3% roztoku thymolu v ethanolu, 3 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a několik krystalků chloridu sodného. Zkumavky se umístí do horké vodní lázně. Sleduje se průběh reakce.⁽¹¹⁾

Thymol, neboli 2-isopropyl-5-methylfenol, poskytuje s roztoky sacharidů v přítomnosti koncentrované kyseliny chlorovodíkové tmavočervené až purpurově červené sloučeniny. Aldózy snadno kondenzují s aromatickými fenoly (např. thymolem) za vzniku barevných produktů. Thymolovou reakci lze shrnout do rovnice (Obr. 23):



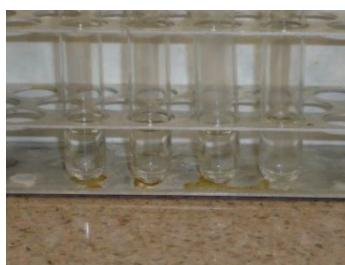
Obr. 23 - Thymolová reakce

Molischova reakce:

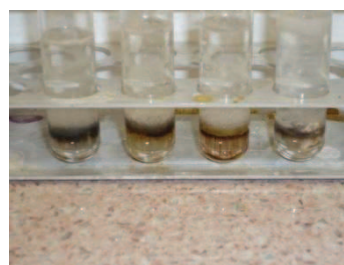
Molischova zkouška umožňuje odlišení sacharidů od ostatních přírodních látek. Zkouška slouží k detekci sacharidů, tj. pozitivní výsledek poskytují monosacharidy, disacharidy, oligosacharidy i polysacharidy. K důkazu je potřeba tzv. Molischovo činidlo, což je 10% roztok α -naftolu v 96% ethanolu, a nakonec ještě koncentrovaná kyselina sírová.

Postup je následující: Do zkumavek se odměří 2 ml roztoku příslušného sacharidu (Obr. 24). Poté se přidá 5 kapek Molischova činidla. Následně je opatrně podvrstveno 2 ml koncentrované kyseliny sírové. Při převrstvování se kyselina sírová nechá stékat po stěně zkumavky. Sleduje se průběh reakce.⁽¹²⁾

Na rozhraní koncentrované kyseliny sírové a roztoku sacharidu s Molischovým činidlem se objevuje červený až červenofialový prstenec (Obr. 25). Při důkazu se využívá silná minerální kyselina (koncentrovaná kyselina sírová), která způsobuje kyselou hydrolyzu disacharidů, oligosacharidů i polysacharidů. Při tomto důkazu tedy reagují monosacharidy.



Obr. 24 - Bezbarvé roztoky sacharidů



Obr. 25 - Prstence při Molischově reakci

Účinkem koncentrované kyseliny sírové dochází k dehydrataci monosacharidů za vzniku furfuralu nebo jeho derivátů. Furfural nebo jeho deriváty poté kondenzují s 2 molekulami α -naftolu za vzniku barevného – fialového kondenzačního produktu. Tento produkt pozorujeme jako prstenec na rozhraní koncentrované kyseliny sírové a roztoku s Molischovým činidlem. Molischova zkouška je obdobou thymolové reakce.⁽¹²⁾

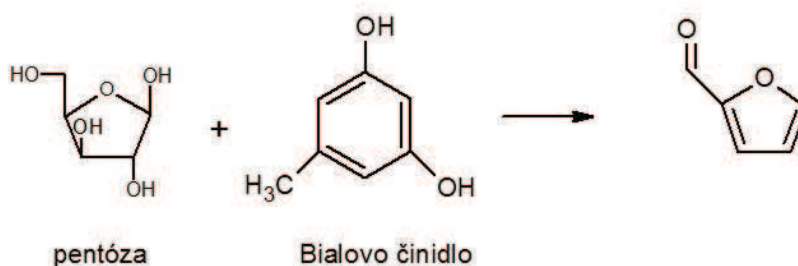
Reakce s Bialovým činidlem:

Reakce s Bialovým činidlem slouží k odlišení pentóz a hexóz (Obr. 26). Pro reakci je potřeba čerstvé Bialovo činidlo. Bialovo činidlo se připravuje z chloridu železitého, koncentrované kyseliny chlorovodíkové a orcinu. Do 500 ml odměrné baňky

dáme 1,25 g orcinu a 0,1 g chloridu železitého. Koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou doplníme do 500 ml.⁽¹¹⁾

Postup reakce je následující: Do zkumavky se odměří 1 ml roztoku sacharidu. Poté se do zkumavky přidají 2 ml Bialova činidla. Zkumavka se umístí do horké vodní lázně. Pozoruje se výsledné zbarvení roztoku.

Reakce s Bialovým činidlem je pozitivní, tj. dochází k barevné změně na zelenomodré zbarvení, když je sacharid typu pentózy. Reakce probíhá podle rovnice:



Obr. 26 - Reakce s Bialovým činidlem

Selivanova reakce:

Selivanova reakce je reakce na rozlišení aldóz a ketóz. Pro reakci je potřeba Selivanovo činidlo. Selivanovo činidlo je směs kyseliny chlorovodíkové a vody v poměru 1:2, ve kterém se rozpustí 0,2 g resorcinolu.

Postup reakce je následující: Do zkumavek se odměří 1 ml vzorku. Ke vzorku se přidají 2 ml Selivanova činidla. Zkumavka se umístí do horké vodní lázně. Pozorují se barevné změny.⁽¹¹⁾

Ketózy reagují s resorcinolem v přítomnosti minerální kyseliny za vzniku třešňově červeného zbarvení. Aldózy reagují pomaleji. Oligosacharidy oproti tomu reagují rychleji než aldózy v důsledku kyselé hydrolyzy.⁽¹¹⁾

Reakce s močovinou:

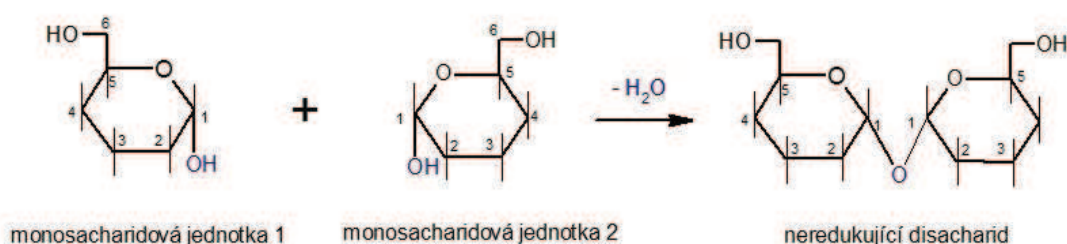
Reakce s močovinou je reakce rozlišující aldózy a ketózy. Pro reakci je potřeba pevná forma močoviny a koncentrovaná kyselina chlorovodíková.

Postup vypadá následovně: Do zkumavky se odváží 0,5 g močoviny. K močovině se přidá 5 kapek koncentrované kyseliny chlorovodíkové a 3 kapky zkoumaného roztoku sacharidu. Zkumavka se upevní v držáku na zkumavky a zahřívá se nad kahanem. Pozorují se barevné změny.⁽¹¹⁾

Při reakci roztoku sacharidu s močovinou dochází k barevným změnám, pokud se jedná o ketózu. Barevná změna se projevuje tyrkysově modrým zbarvením roztoku. Pokud roztok obsahuje aldózu, roztok dostává nažloutlé zbarvení.⁽¹¹⁾

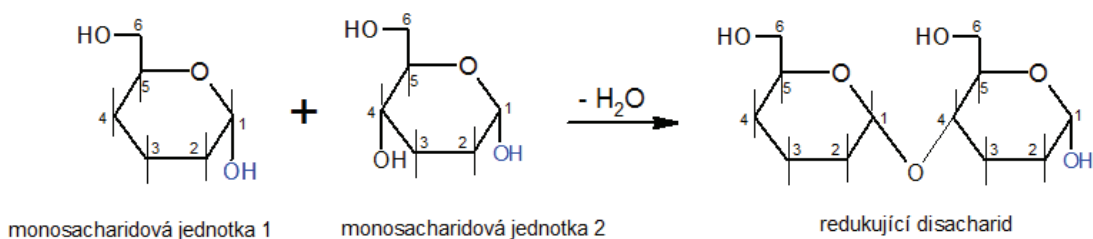
Fehlingova zkouška a reakce s Tollensovým činidlem souvisí s redukujícími a neredukujícími sacharidy. Co je to vlastně redukující sacharid či neredukující sacharid? Redukující sacharid ve své molekule obsahuje volný poloacetalový hydroxyl. Disacharidy jsou sacharidy, které vznikají spojením dvou monosacharidových jednotek. Monosacharidové jednotky mohou být vázány dvěma způsoby. Důvodem je skutečnost, že volný poloacetalový hydroxyl jedné monosacharidové jednotky má možnost zreagovat buď s volným poloacetalovým hydroxylem druhé monosacharidové jednotky, nebo s hydroxylovou skupinou druhé monosacharidové jednotky. Pro přehlednost si to ukážeme na rovnicích:

- a) případ, kdy zreaguje volný poloacetalový hydroxyl jedné monosacharidové jednotky s volným poloacetalovým hydroxylem druhé monosacharidové jednotky => touto reakcí vzniká **neredukující disacharid** (Obr. 27)



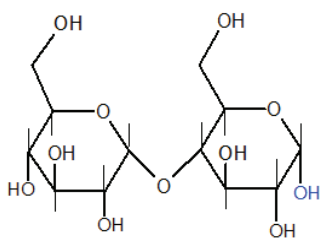
Obr. 27 - Vznik neredukujícího disacharidu

- b) případ, kdy zreaguje volný poloacetalový hydroxyl jedné monosacharidové jednotky s hydroxylovou skupinou druhé monosacharidové jednotky => touto reakcí vzniká **redukující disacharid** (disacharid, který na prvním uhlíku obsahuje volný poloacetalový hydroxyl – vyznačen v Obr. 28 modře)

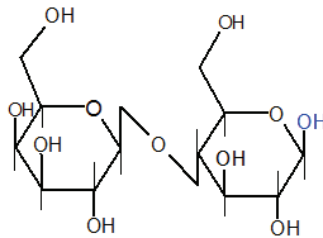


Obr. 28 - Vznik redukujícího disacharidu

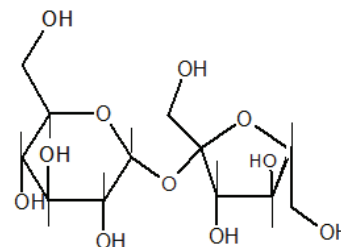
Mezi redukující disacharidy patří například maltóza (Obr. 29) nebo laktóza (Obr. 30). Mezi neredukující disacharidy patří například sacharóza (Obr. 31).



Obr. 29 - struktura maltózy



Obr. 30 - struktura laktózy



Obr. 31 - struktura sacharózy

Fehlingova zkouška:

Fehlingovou zkouškou dokážeme rozlišit redukující a neredukující sacharidy. Například můžeme rozlišit touto zkouškou glukózu a sacharózu. Fehlingova zkouška se využívá například v lékařství na důkaz cukrovky. Pro zkoušku je potřeba Fehlingových činidel č. I a II. Fehlingovo činidlo č. I je roztok pentahydrátu síranu měďnatého. Fehlingovo činidlo č. II je roztok vinanu sodno-draselného, který je zalkalizován hydroxidem sodným.⁽¹¹⁾

Postup zkoušky je následující: K 1 ml roztoku sacharidu se přidá 1 ml Fehlingova činidla č. I a 1 ml Fehlingova činidla č. II (Obr. 32). Zkumavka se umístí do držáku na zkumavky a nad kahanem se zahřívá. Pozorují se barevné změny.

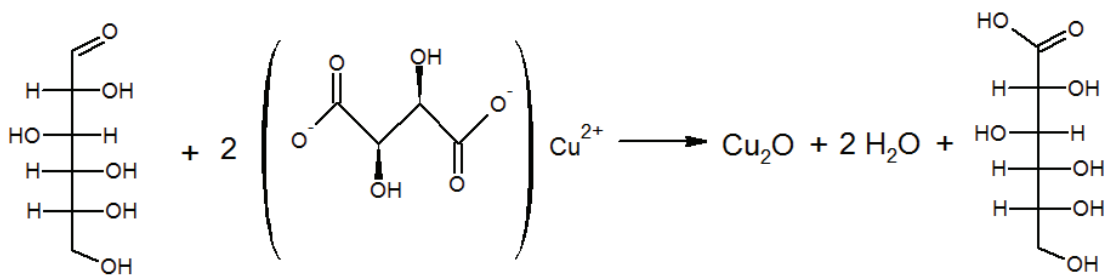


Obr. 32 – směs glukózy a fruktózy po přidání Fehlingových činidel



Obr. 33 - pozitivní Fehlingova zkouška po zahřátí

Fehlingova zkouška je pozitivní, pokud roztok obsahoval redukující sacharid (např. glukózu, fruktózu, maltózu, aj.; Obr. 33). Redukující sacharid obsahuje ve své molekule na poloacetalovém uhlíku volnou hydroxylovou skupinu. Ta se při reakci s Fehlingovým činidlem oxiduje za vzniku karboxylové skupiny. Při reakci musí docházet i k redukci. Dochází k redukci měďnatých kationtů z Fehlingova činidla č. I v zásaditém prostředí na oxid měďný. Tato reakce je doprovázena změnou barvy – z modrého roztoku vzniká oranžová až červená sraženina. Reakci lze vyjádřit chemickou rovnicí (Obr. 34):⁽¹¹⁾



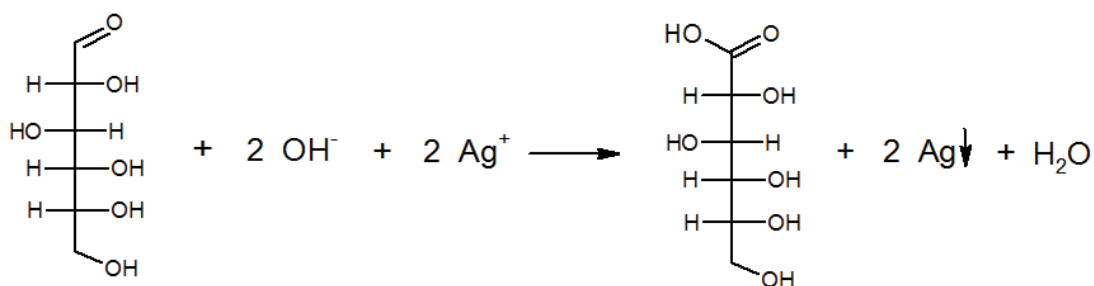
Obr. 34 - Chemická rovnice Fehlingovy zkoušky

Reakce s Tollensovým činidlem:

Reakce s Tollensovým činidlem stejně jako Fehlingova zkouška rozlišuje redukující a neredukující sacharidy. Například rozlišení fruktózy a sacharózy. Pro reakci je potřeba Tollensova činidla. Tollensovo činidlo se musí vždy před reakcí připravovat čerstvé. Přípravuje se reakcí dusičnanu stříbrného s koncentrovaným amoniakem.⁽¹³⁾

Postup je následující: Do zkumavky se připraví 3 ml Tollensova činidla. Poté se k němu přidají 2 ml roztoku sacharidu – například fruktózy. Zkumavka se umístí do držáku na zkumavky a je zahřívána nad kahanem. Sleduje se průběh reakce.

Reakce s Tollensovým činidlem probíhá na stejném principu jako reakce s Fehlingovým činidlem. Rozdílem mezi reakcemi je složení činidla. Činidlo se v reakci redukuje a tím dojde k optické změně barvy. Projeví se vznikem stříbrného zrcátka. Reakci lze opět shrnout do rovnice (Obr. 35):⁽¹³⁾



Obr. 35 - Rovnice reakce s Tollensovým činidlem

3.1.2.2.2. Náhradní sladidla

V dietním stravování se dnes využívají buď náhražky sacharidů, nebo umělá sladidla. Například diabetici využívají na slazení fruktózu a sorbit. Veřejným tématem jsou umělá sladidla. V dnešní době mnozí zdraví lidé používají na slazení umělá sladidla, aby omezili příjem energie. Dnes se umělá sladidla přidávají pravděpodobně do všech druhů potravinářských výrobků. Nejčastěji je naleznete u potravinářských výrobků, které jsou označeny jako tzv. light produkty.⁽⁴⁾

Důvodů zavádění náhradních sladidel je několik. Řadíme mezi ně zdravotní, výživové a v neposlední řadě i ekonomické důvody. Díky tomu se začaly používat přírodní a syntetické látky, které jsou identické s přírodními látkami, látky modifikované a čistě syntetické. Čistě syntetické látky se vyznačují vyšší sladivostí než sacharidy. Náhradní sladidla se klasifikují podle původu na skupiny:⁽²⁾

- a) přírodní (např. thaumatin)
- b) syntetické látky identické s přírodními (např. cukerné alkoholy)
- c) syntetické (např. acesulfam K, sacharin)

3.1.2.2.2.1. *Přírodní náhradní sladidla*

Mezi přírodní náhradní sladidla řadíme velkou skupinu sladidel – např. fyllodulcin, steviosid, glycyrrhizin a v neposlední řadě thaumatin. Nejvíce využívaný je poslední jmenovaný thaumatin. Jako každá aditivní látka má svůj evidenční symbol – tj. E-957.

Thaumatin je směs sladkých proteinů získávaných z ovoce západoafrické rostliny *Thaumatococcus danielli* (Obr. 36). Hlavními sladkými látkami s příchutí po lékořici jsou proteiny thaumatin I a thaumatin II. Používá se hlavně ve směsi s jinými sladidly, neboť působí synergicky ve směsi s acesulfamem K, sacharinem, steviosidem aj.⁽²⁾

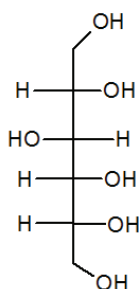


Obr. 36 - *Thaumatococcus danielli*

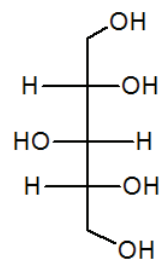
3.1.2.2.2. Syntetická náhradní sladidla identická s přírodními

Syntetická náhradní sladidla identická s přírodními jsou látky, které se používají většinou jako náhrada za glukózu nebo sacharózu. Jedná se o látky, které jsou synteticky vyráběny z přírodních sacharidů. Ve výživě diabetiků se uplatňuje fruktóza a alkoholický sacharid sorbit (sorbitol).⁽⁴⁾

Sorbitol (glucitol) je alkoholický sacharid (Obr. 37), který se vyrábí hydrogenací glukózy.⁽¹⁴⁾ Jedná se o bezbarvé krystalky sladké chuti, které se dobře rozpouští ve vodě. Je velmi dobře snášen diabetiky, a proto se velmi často využívá právě pro potravinářské výrobky určené pro diabetiky. Jedná se o termostabilní látku. Může se tedy používat na pečení a vaření.⁽⁴⁾ Oproti sacharidu je o polovinu méně sladší a bakterie v ústech ho hůře rozkládají, čehož se využívá při výrobě speciálních žvýkaček.⁽¹⁴⁾



Obr. 37 - struktura sorbitolu



Obr. 38 - struktura xylitolu

Xylitol je další alkoholický sacharid (Obr. 38), který se vyrábí hydrogenací xylózy. Xylóza se nachází hojně ve dřevě. Jde o další náhradní sladidlo.⁽⁴⁾ Je téměř stejně sladké jako sacharóza, ale oproti sacharóze má pouze dvě třetiny kalorií.⁽¹⁵⁾ Stejně jako sorbitol je termostabilní. Dnes se nejčastěji používá při výrobě žvýkaček. Působí totiž velmi příznivě na pH dutiny ústní. Omezuje tvorbu zubního kazu.⁽⁴⁾ Metabolické přeměny xylitolu nepotřebují inzulín, proto je vhodný i pro diabetiky. Kromě výroby žvýkaček se využívá i jako přísada do cukrovinek, zmrzlin, různých pastilek. Používá se i jako stolní sladidlo.⁽¹⁵⁾

Mezi náhradní sladidla řadíme i různé sirupy. Například z glukózy a fruktózy se vyrábí tzv. glukózo-fruktózový sirup, z laktózy se připravuje laktózový sirup, ze škrobu se připravuje škrobový sirup.⁽⁴⁾

Glukózo-fruktózový sirup je uměle vyrobená směs glukózy a fruktózy v poměru přibližně 40:60. Vyrábí se zejména z kukuřice, ale může být získán i z brambor nebo rýže. Samotná glukóza má glykemický index 100. Tento sirup má glykemický index přibližně 75. Problémy plynoucí z tak vysoké hodnoty glykemického indexu jsou uvedeny v kapitole Sacharidy na straně 15.⁽⁸⁾ Výroba glukózo-fruktózového sirupu je jedním z posledních kroků při zpracování škrobu.

Glukózo-fruktózový sirup je velmi oblíbený a výrobci velmi preferovaný právě z několika důvodů. Glukózo-fruktózový sirup má vyšší sladivost než klasický řepný cukr. Dalším důvodem je výrazně levnější výroba glukózo-fruktózového sirupu oproti výrobě řepného cukru. Posledním důvodem je jeho praktičnost. Sirup je tekutá forma, proto se i lépe zapracovává do potravinářských výrobků než sypká forma řepného cukru.⁽¹⁶⁾

Glukózo-fruktózový sirup se začal výrobci masově využívat nejprve v zámoří, kde se vyrábí nejčastěji z kukuřice. V dnešní době se běžně používá i v Evropě. Úplně poprvé se sirup objevil v Japonsku.⁽⁹⁾

V dnešní době se glukózo-fruktózový sirup objevuje v různých druzích potravin – například sušenky, limonády, snídaňové cereálie, proteinové tyčinky, pečivo a dresinky.⁽¹⁶⁾ Objevuje se i v potravinách všeobecně považovaných za zdravé, např. v müsli tyčinkách. Sirup se objevuje většinou na prvním místě složení potraviny, což znamená, že tvoří nejvíce zastoupenou složku ve výrobku.⁽⁹⁾

V souvislosti s tímto sirupem se rozšířily pochyby o zdravotních následcích vyšší konzumace. Hlavně se jedná o vyšší konzumaci fruktózy. Ve velkém množství článků⁽¹⁶⁾ se dočtete, že fruktóza ze sirupu se metabolizuje jinak než fruktóza z řepného cukru. Samozřejmě to není pravda. Sacharóza je složena z molekuly glukózy a fruktózy. Rozkládá se v tenkém střevě právě na tyto dva monosacharidy pomocí enzymu sacharázy. Odtud fruktóza putuje portální žílou do jater, kde se přeměňuje na jaterní glykogen. V případě velkého nadbytku energie se velmi ochotně ukládá do formy triacylglyceridů, tj. tuků. Toto platí jak pro fruktózu ze sacharózy, tak i pro fruktózu ze sirupu.⁽¹⁶⁾

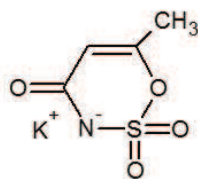
3.1.2.2.3. Syntetická sladidla

Od ostatních náhradních sladidel se liší tím, že mají nulovou výživovou hodnotu. Jsou mnohonásobně sladší než sacharóza. Celkem často se používají v kombinaci s normálními sacharidy. Používají se na slazení potravinářských výrobků pro diabetiky, při redukční dietě nebo také ve farmacii jako dochucovadlo léčivých přípravků. Z chemického hlediska se jedná o soli karboxylových kyselin, amidy karboxylových kyselin, různé dipeptidy aj.⁽⁴⁾

Mezi syntetická sladidla řadíme například acesulfam K, aspartam, cyklamáty, sacharin a sukralózu.⁽²⁾

3.1.2.2.3.1. Acesulfam K

Acesulfam K je draselná sůl 6-methyl-1,2,3-oxathiazin-4(3H)-on-2,2-dioxidu. Struktura acesulfam K je na Obr. 39. Jde o poměrně nově zavedené náhradní sladidlo.⁽²⁾ Evidenční kód pro acesulfam K je E-950.



Obr. 39 - struktura acesulfamu K

Acesulfam je bílé krystalické sladidlo zvýrazňující chuť. Je přibližně dvěstěkrát sladší než normální sacharid. Samotný má nahořklou chuť, proto se do potravinářských výrobků dává v kombinaci s dalšími sladidly.⁽¹⁷⁾

Mezi pozitivní vlastnosti sladidla patří dlouhá trvanlivost a odolnost vůči vysokým teplotám.⁽¹⁷⁾ Rozkládá se až při teplotách vyšších než 235 °C.⁽²⁾

Používá se v bonbónech (Obr. 40), nealkoholických (Obr. 41) a alkoholických nápojích, instantních nápojích, pekařských výrobcích (Obr. 42), jogurtech, zmrazených dezertech, žvýkačkách, želatině aj. Samostatně se používá jako stolní náhradní sladidlo v podobě tabletek.⁽¹⁷⁾



Obr. 40 - Ricola - výrobek s acesulfamem K



Obr. 41 - Poděbradka proline - výrobek s acesulfamem K

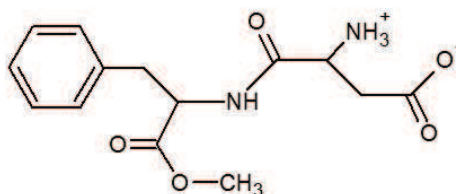


Obr. 42 - Buchty s tvarohovou náplní – výrobek s acesulfamem K

Acesulfam K se nevstřebává v lidském těle. Vylučuje se v moči. Toxické účinky acesulfamu K nebyly s jistotou prokázány. Většina studií se kloní k tomu, že látka je v malých množstvích bezpečná. Přijatelná denní dávka je 0 - 15 mg/kg tělesné hmotnosti.⁽¹⁷⁾

3.1.2.2.3.2. Aspartam

Aspartam je methylester lineárního dipeptidu L-aspartyl-L-fenylalaninu. Struktura aspartamu je znázorněna na Obr. 43.⁽²⁾ Aspartam je syntetické sladidlo, které je přibližně dvěstěkrát sladší než sacharid. Jako každá aditivní látka má svůj evidenční symbol, tím je E-951. Dokáže zvýrazňovat aroma potraviny. Látka není stabilní při zahřívání – ztrácí svoji sladkost.⁽¹⁸⁾



Obr. 43 - struktura aspartamu

V nevodném prostředí (např. v nápojích v prášku, žvýkačkách, instantní kávě) je Aspartam stabilní. V kyselých vodných roztocích se v závislosti na pH a teplotě hydrolyzuje esterová vazba a vzniká příslušný dipeptid a methanol. Reakce jsou spojeny s poklesem sladké chuti. Kvůli tomu není aspartam vhodný pro všechny potraviny (zejména kyselé) a pro všechny způsoby jejich zpracování.⁽²⁾

Aspartam se používá jako náhražka sacharidu k běžnému slazení, k výrobě sypaných nápojů, čajů (Obr. 44), žvýkaček, do některých dezertů, mražených krémů (Obr. 45), nakládané zeleniny (Obr. 46) a ovoce. Nepoužívá se v pokrmech, které je nutné ohřívát či tepelně upravovat, kvůli své nestabilitě při vyšší teplotě.⁽¹⁸⁾ Aspartam

se rozkládá při teplotě 196°C. Při teplotě čerstvě připraveného čaje (přibližně 80°C) a následném oslazení aspartamem nedošlo k jeho významnějšímu rozkladu ani po 3 hodinách.⁽¹⁹⁾



Obr. 44 - Instantní čaj



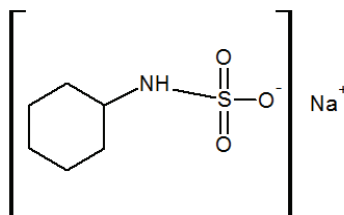
Obr. 45 - Mražený krém



Obr. 46 - Nakládaná zelenina

3.1.2.2.2.3.3. Cyklamáty

Cyklamáty je souhrnný název pro cyklamovou kyselinu a její soli. Přesnější název pro cyklamovou kyselinu je kyselina cyklohexylsulfamová. Mezi její nejvýznamnější soli patří natrium-cyklamát (struktura na Obr. 47) a kalcium-cyklamát.⁽²⁾



Obr. 47 - struktura natrium-cyklamátu

Cyklamáty jako všechny aditivní látky má svůj evidenční symbol. Tím je E-952. Cyklamáty jsou umělá sladidla. Jsou až čtyřicetkrát sladší než běžný sacharid, ale nemají žádný energetický obsah. Jsou vysoce stabilní při působení tepla, kyselin a zásad. Jsou rozpustné v horké vodě. Člověk je ledvinami nestráví, takže je vylučuje močí.

Nežádoucí účinky cyklamátů jsou jeho karcinogenní účinky. Nikdy nebyly přímo dokázány, ale u krys se objevila rakovina močového měchýře. Některé studie⁽²⁰⁾ uvádějí, že sami o sobě rakovinu nezpůsobují, ale možná mohou zvyšovat účinky ostatních karcinogenních látek v těle. Přijatelná denní dávka je 0-11 mg/kg tělesné váhy.

Například v USA jsou tyto látky zakázány. V ČR a EU je použití povoleno. Používá se jako umělé sladidlo do nealkoholických nápojů (Obr. 48), potravin pro diabetiky (Obr. 49) a do nízkoenergetických potravin (Obr. 50).⁽²⁰⁾



Obr. 48 - Coca-cola light



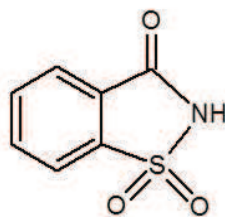
Obr. 49 - Diabetické Bebe sušenky



Obr. 50 - Jogurt light

3.1.2.2.3.4. Sacharin

Sacharin (cukerín) je kyselá látka 1,2-benzoisothiazol-3(2H)-on-1,1-dioxid, která ochotně tvoří sodnou, draselnou a vápenatou sůl.⁽²⁾ Struktura sacharinu je znázorněna na Obr. 51.⁽⁴⁾ Sacharin je umělé sladidlo, které má evidenční symbol E- 954. Je dvěstěkrát až sedmsetkrát sladší než běžný stolní sacharid, ale nemá žádný energetický obsah.⁽²¹⁾



Obr. 51 - Struktura sacharinu

Sacharin je bílý krystalický prášek ve vodě špatně rozpustný. Kvůli své špatné rozpustnosti se většinou využívá jeho sodná či vápenatá sůl.⁽⁴⁾ Vyrábí se z uhlí jako vedlejší produkt nebo synteticky z toluenu.⁽²¹⁾

Jeho velkou nevýhodou je vykazování slabě kovové a hořké příchuti. Často se tedy používá ve spojení s dalšími látkami, jako například laktózou a aspartamem.⁽²⁾

Nežádoucí účinky sacharinu samozřejmě existují. Jedná se o výskyt rakoviny močového měchýře u diabetiků, pokud konzumovali více než 8 tablet denně. Tento výskyt byl prokázán pouze u mužů. S tím samozřejmě přišlo omezení používání sacharinu jako aditivní látky, ale v roce 2000 byl sacharin odstraněn ze seznamu rakovinotvorných látek, a proto ho dnes můžeme konzumovat ve velkém množství potravin. Přípustná denní dávka je 0 – 2,5 mg/kg tělesné váhy.⁽²¹⁾

Sacharin se používá do nealkoholických nápojů (Obr. 52), potravin pro diabetiky (Obr. 53), nízkenergetických potravin, žvýkaček, zavařenin, majonéz, hořčic, stolních sladidel a vitamínových přípravků (Obr. 54).⁽²¹⁾



Obr. 52 - Pito Samson



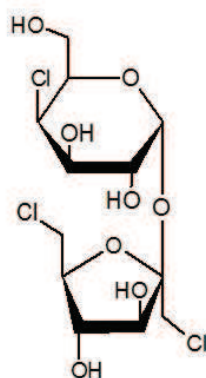
Obr. 53 - Hamé zelí pro diabetiky



Obr. 54 - Multivitamin Maxi Vita

3.1.2.2.3.5. Sukralóza

Sukralóza nebo také chlorgalaktosacharóza je systematickým názvem 1,6-dideoxy-1,6-dichlor- β -D-fruktofuranosyl-4-deoxy-4-chlor- α -D-galaktopyranosid. Struktura sukralózy je znázorněna na Obr. 55.⁽²⁾



Obr. 55 - Struktura sukralózy

Sukralóza je poměrně nové sladidlo, které se vyrábí ze sacharózy.⁽²⁾ Jako každá aditivní látka má svůj evidenční symbol, tím je E-955. Prodává se pod obchodním názvem Splenda.⁽²²⁾

Sukralóza je pětsetkrát až šestsetkrát sladší než sacharóza, zhruba dvakrát sladší než sacharin a čtyřikrát sladší než aspartam. Na rozdíl od aspartamu je stabilní vůči teplotě a i v širokém intervalu hodnot pH.

Použití sukralózy bylo poprvé schváleno v Kanadě v roce 1991 a do roku 2006 byla schválena ve více než 60 zemích světa (např. Brazílii, Číně, Indii a Japonsku). V EU byla schválena v roce 2004.⁽²²⁾

Sukralóza se používá při výrobě cukrovinek, snídaňových tyčinek a nealkoholických nápojů. Používá se jako náhrada cukru buď samostatná, nebo v kombinaci s ostatními náhradními sladidly.⁽²²⁾

3.1.2.3. Acidulanty a regulátory kyselosti

Acidulanty používané jako potravinářská aditiva jsou organické a anorganické kyseliny, které jsou identické s těmi přirozeně se vyskytujícími v potravinách. Kyseliny se používají pro svou kyselou chuť. Mimo kyselou chuť mají i další prospěšné vlastnosti. Některé kyseliny:⁽²⁾

- vykazují antimikrobní účinky, a proto se současně používají jako konzervační prostředky (např. octová, dehydrooctová, propionová kyselina aj.)
- používají se jako aromatické látky (např. octová, kaprylová, jantarová či mléčná kyselina)
- jsou stabilizátory barvy (např. askorbová kyselina v masných výrobcích, citronová kyselina ve výrobcích z ovoce)
- jsou látkami, které modifikují texturu (např. citronová kyselina umožňuje vznik některých pektinových gelů, inhibuje tvorbu krystalů v cukrovinkách, aj.)
- potlačují tvorbu zákalů (např. mléčná kyselina v nálevech oliv)
- jsou činidla, která hydrolyzují proteiny (např. kyselina chlorovodíková při výrobě kyselých hydrolyzátů bílkovin)

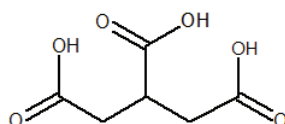
Regulátory kyselosti nebo regulátory pH mění nebo udržují kyselost a alkalitu potravin.⁽²⁾ Důležitost regulátorů kyselosti je zdůrazněna skutečností, že zajištění požadované správné hodnoty pH je prvním krokem k zajištění bezpečnosti a prodloužení trvanlivosti potraviny. Nesprávná regulace pH může způsobit růst nežádoucích bakterií ve výrobku a tak ohrozit zdraví spotřebitelů.⁽²³⁾

Z chemického hlediska jsou to nejčastěji soli kyselin s pufrujícími účinky a alkálie.⁽²⁾ Regulátory kyselosti podléhají stejně jako ostatní potravinářská aditiva přísné legislativě EU. Všechny přidané regulátory kyselosti musí být deklarovány na obalu výrobku buď svým názvem, nebo příslušným evidenčním symbolem.⁽²³⁾

Mezi regulátory kyselosti řadíme například citronovou kyselinu, kyselinu fosforečnou, fumarovou kyselinu, octan vápenatý, hydrogenuhličitán sodný, uhličitán sodný a hydroxid sodný.⁽²³⁾

3.1.2.3.1. Citronová kyselina

Citronová kyselina je slabá organická kyselina. Struktura citronové kyseliny je znázorněna na Obr. 56. Přirozeně se vyskytuje v citrusových plodech (např. citronech, limetkách, grepech a pomerančích) a v menší míře i v dalším ovoci a zelenině.⁽²⁴⁾



Obr. 56 - Struktura citronové kyseliny

Jedná se o pevnou bílou látku. Citronová kyselina má široké využití. V potravinách se používá díky své schopnosti regulovat jejich kyselost a zásaditost. Dále zabraňuje růstu bakterií, kvasinek a plísní, proto se používá i jako konzervant. Působí též jako antioxidant. Jako každá aditivní látka má svůj evidenční symbol a to E-330.

Nalezneme ji v nealkoholických nápojích (Obr. 57), džusech (Obr. 58), víně, instantních nápojích, v marmeládě (Obr. 59) a například i v kosmetice a farmaceutických výrobcích.⁽²⁴⁾



Obr. 57 - Kofola



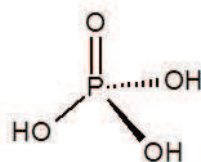
Obr. 58 - Hello brusinka



Obr. 59 - Baruščina bio marmeláda

3.1.2.3.2. Kyselina fosforečná

Kyselina fosforečná je středně silná anorganická kyselina. Struktura kyseliny fosforečné je znázorněna na Obr. 60. Vyskytuje se jako bezbarvá kyselina bez zápachu. Hojně se využívá v potravinářství jako ochucovadlo a jako regulátor kyselosti. Jedná se o nejlevnější a nejsilnější regulátor kyselosti.⁽²⁵⁾



Obr. 60 - struktura kyseliny fosforečné

Díky své okyselující a štiplavé chuti se uplatňuje při výrobě nápojů typu Cola (Obr. 61) a dalších nealkoholických nápojů. Používá se do želé, mražených mléčných výrobků, sladkostí (Obr. 62) a v pivovarnictví. Kromě regulátoru kyselosti se používá i na zvýšení účinku antioxidantů v rostlinných tucích, tj. využívá se při výrobě sýrů a tuků.⁽²⁵⁾



Obr. 61 - Coca - Cola

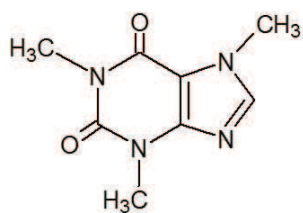


Obr. 62 - Croissant 7 Days

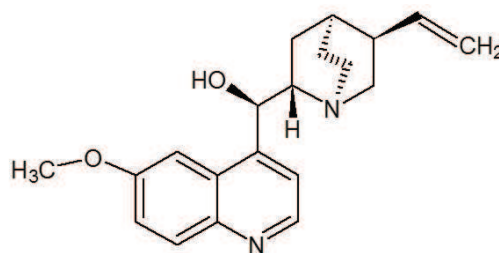
V nízkých dávkách je bezpečná. Maximální přípustné denní množství je 70 mg/kg tělesné hmotnosti. V celé EU je použití kyseliny fosforečné povoleno.⁽²⁵⁾

3.1.2.4. Látky hořké a povzbuzující

Hořkou chuť vykazuje velké množství organických a anorganických sloučenin. Dle legislativy zařazujeme do kategorie látek hořkých a povzbuzujících pouze oktaacetylsacharózu a alkaloidy kofein (Obr. 63) a chinin (Obr. 64). Všechny tři sloučeniny jsou bez evidenčního symbolu. Kofein a chinin se řadí mezi látky určené k aromatizaci potravin.⁽²⁾



Obr. 63 - Struktura kofeinu



Obr. 64 - Struktura chininu

Hořké látky, které používáme k aromatizaci potravin, získané z rostlinných materiálů (např. chmele, pelyňku aj.), se klasifikují jako vonné a chuťové látky.

Oktaacetylsacharóza může být do potravin přidávána jen v nezbytném množství. Naopak kofein a chinin mohou být použity buď přímo, nebo jako součást aromatu. Například kofein se do nealkoholických nápojů smí přidávat jen do nejvyššího množství 250 mg/kg , do energetických nápojů (Obr. 65) dokonce do 320 mg/kg . Chinin je povolen pro nealkoholické nápoje (Obr. 66) do množství 75 mg/kg .⁽²⁾



Obr. 65 - Energetický nápoj

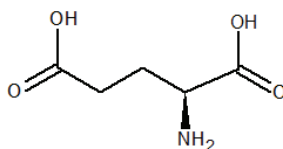


Obr. 66 - Tonik

Oktaacetylsacharóza se hydrolyzuje na octovou kyselinu a sacharózu, která se metabolizuje běžným způsobem. Z tohoto důvodu oktaacetylsacharóza nemá žádné velké zdravotní riziko. Naproti tomu chinin je toxin, který inhibuje různé významné enzymy. Z tohoto důvodu nejsou nealkoholické nápoje obsahující chinin vhodné pro gravidní ženy. Zdravotním rizikem je nebezpečí potratu. Poslední látkou je kofein. V malých denních dávkách ($< 3 \text{ mg/kg}$) působí kofein jako stimulant pro centrální nervovou soustavu. Má močopudné účinky. Vyšší dávky však mají už různé neuroendokrinní účinky, a pokud by někdo do těla dostával velmi vysoké dávky působí až teratogenně.⁽²⁾

3.1.2.5. Intenzifikátory aroma

Intenzifikátory aroma jsou látky, které zvýrazňují nebo upravují původní aroma některých potravin. Samy o sobě nemají žádné výrazné aroma. Řadíme sem například L-glutamovou kyselinu a její sodné soli. Struktura je znázorněna na obrázku 67.⁽²⁾



Obr. 67 – Struktura glutamové kyseliny

Od této kyseliny vzniklá monosodná sůl natrium-hydrogen-glutamát má velký význam v aditivních látkách. Tato sůl je aktivní formou, která vykazuje vlastní chuť. V malých koncentracích (0,05 – 0,8 %) se přidává jako aditivum do potravin. Například do masových a zeleninových výrobků, do polévek, omáček, šťáv z rajčat, kečupů a mnoho dalších. V následující tabulce je přirozený obsah glutamové kyseliny v některých potravinách.⁽²⁾

Tab. č. 6 - Přirozený obsah glutamové kyseliny v některých potravinách

potravina	vepřové maso	kuřecí maso	hrášek	rajčata
obsah v <i>mg/kg</i>	230	440	750	2460

Glutamová kyselina má také svůj evidenční symbol E-620. Nejvyšší přípustné množství glutamové kyseliny v potravinách obecně (kromě nealkoholických nápojů) je 10 000 *mg/kg*.

Samozřejmě s glutamovou kyselinou a jejími solemi je z dřívějších dob uváděn do souvislosti tzv. syndrom čínských restaurací. Dříve totiž čínské restaurace využívali nadměrné množství glutamové kyseliny a jejich solí, které vedli ke zdravotním komplikacím. U některých jedinců měla konzumace za následek bolesti hlavy, pocitu úzkosti či zažívací potíže aj.

V současné době je v řadě zemí množství glutamové kyseliny a glutamátů přidávaných do potravin omezeno legislativně. Bohužel v některých zemích to stále není regulováno vůbec, například v Japonsku.⁽²⁾

3.1.3. *Látky upravující barvu*

Stabilizace přirozené barvy potravin nebo její barvení se provádí už od nepaměti. Důvodů je několik. Jedním z nich je estetika, fyziologie a například i standardizace zbarvení jako kompenzace sezónních výkyvů. Pokud má potravina atraktivní barvu, je spotřebitelsky oblíbená. V některých případech může být přirozená barva nežádoucí a odstraňuje se potom pomocí bělidel.⁽²⁾

3.1.3.1. *Barviva*

Jako barvivo je označována chemická látka většinou organického původu, jejíž přítomnost v buňkách způsobí změnu zbarvení. Barviva, která nacházíme v potravinách, dělíme podle původu na přírodní a syntetická barviva.

Syntetická barviva mají obecně intenzivnější barvu než barviva přírodní. Mají stálý odstín barvy a nevnášejí do barvené potraviny charakteristické vůně a chuti. Z těchto důvodů nalezla syntetická barviva v potravinářství široké uplatnění.

Podle struktury dělíme syntetická barviva na azobarviva, difenylmethanová a trifenylmethanová barviva, pyrazolová barviva, nitrobarviva, antrachinonová barviva, chinolinová a indigoidní barviva.⁽²⁾

Specifické vlastnosti barviv závisí na přítomných funkčních skupinách. Charakteristická je přítomnost funkční skupiny, tzv. chromoforu. Chromoforové skupiny souvisí s klasifikací barviv podle struktury (azoskupiny, nitroskupiny, aj.). Chromofor je zodpovědný za chování barviv při oxidačních a redukčních reakcích.

Kromě zdravotní nezávadnosti se požaduje po syntetických barvivech, aby byla stálá při změnách pH, na světle a vůči působení některých dalších vlivů. K barvení potravin se většinou používají několikasložkové směsi barviv.

Příkladem syntetických barviv je tartrazin, saflorová žluť, chinolinová žluť a azorubin.⁽²⁾

3.1.3.2. *Bělidla*

Bělidla jsou sloučeniny, která nežádoucí barviva buď redukují, nebo oxidují na bezbarvé či méně intenzivně zbarvené produkty. Rozdělujeme tedy bělidla na redukční a oxidační.

Skupinu látek s redukčními účinky reprezentuje oxid siřičitý a siřičitany. Význam bělidel je v tom, že redukují primární produkty reakcí enzymového hnědnutí, chinony,

jejichž následné reakce by jinak vedly k nežádoucí změně zbarvení při sušení ovoce, zeleniny, apod. Sloučeniny se používají také k bělení chmele, hub, ořechů a rybích výrobků.⁽²⁾

Mezi látky s oxidačními účinky se řadí sloučeniny s aktivním kyslíkem a sloučeniny s aktivním chlorem. Legislativa Evropské Unie tyto látky nepovoluje.

Jako bělicí látky s aktivním kyslíkem mají význam některé peroxidy. Nejrozšířenějším činidlem na bělení mouky je bromičnan draselný. V mouce odbarvuje karotenoidní barviva a současně oxiduje gluten na glutathion a tím zlepšuje pekařské vlastnosti mouky. Bromičnan se redukuje na bromid. Velkým problémem je jeho toxicita a karcinogenita. Z toho důvodu nebyl nikdy povolen například v zemích Evropské Unie a v Japonsku.⁽²⁾

Jako bělicí činidla a současně prostředky zlepšující pekařské vlastnosti mouky se v některých zemích používají plynný chlor, oxid chloričitý a chlornan sodný a vápenatý. Používání sloučenin s aktivním chlorem je z hygienicko-toxikologického hlediska problematické.⁽²⁾

3.1.4. Látky upravující texturu

Látky upravující texturu jsou hlavními aditivními látkami potravin. Mezi nejznámější skupiny patří zahušťovadla, želírující prostředky a emulgátory. Celou řadu látek lze současně zařadit do několika skupin aditiv, neboť mají různé vlastnosti a používají se k různým účelům.⁽²⁾

3.1.4.1. Zahušťovadla a želírující prostředky

Zahušťovadla a želírující prostředky se používají z důvodu toho, že vytvářejí a udržují žádoucí textury potravin. Zahušťovadla jsou sloučeniny zvyšující viskozitu potravin. Želírující látky jsou sloučeniny vytvářející gely. Tyto přídatné látky zahrnují přírodní polysacharidy rostlin (např. škroby, celulózu, pektiny), mořských řas (např. agar) a mikroorganismů a také modifikované polysacharidy.⁽²⁾

Příkladem povolených zahušťovadel a stabilizátorů je alginová kyselina, agar, arabská guma, ethylcelulóza a polydextrózy.

3.1.4.2. Emulgátory

Emulgátory jsou povrchově aktivní látky umožňující vznik emulzí. V moukách působí jako kondicionéry změkčující kůrku pečiva. Naopak v cukrovinkách působí jako modifikátory krystalizace tuků. Emulgátory mají 2 části – lipofilní a hydrofilní. Lipofilní část obsahuje zbytky mastných kyselin. Hydrofilní část molekuly bývá odvozena od různých polárních sloučenin (např. glykoly, cukerné alkoholy).⁽²⁾

Podle struktury polární části se rozeznávají následující skupiny emulgátorů:

- estery glykolů (např. propan-1,2-diolu)
- estery glycerolu a jejich deriváty
- estery sacharózy
- estery hydroxykyselin (např. kyselina mléčná, vinná kyselina)
- lecitin a jeho deriváty

Emulgátory, které se smějí používat v nezbytném množství, jsou emulgátory jako například lecitiny, estery glycerolů s octovou kyselinou, mléčnou kyselinou, citronovou a vinnou kyselinou.⁽²⁾

3.1.5. **Látky zvyšující biologickou hodnotu**

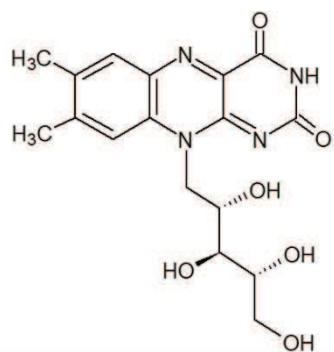
Potravinové doplňky zahrnují vitamíny, minerální látky, aminokyseliny, některé mastné kyseliny, vlákninu a další látky s významnými biologickými účinky. Některé ze zmíněných látek mohou být potravním doplňkem a zvyšovat tak výživovou hodnotu potravin a současně mohou být pouhou přídatnou látkou. Jako přídatná látka mohou mít funkci jako barvivo nebo antioxidant a spoustu dalších.

Při používání látek zvyšujících biologickou hodnotu potravin se velmi bedlivě sleduje vývoj poznatků ve vědě o výživě. Cílem je příjem esenciálních látek předcházet různým regionálním onemocněním. Jsou spojovány se sníženou dostupností určitých druhů potravin nebo jen s jednostrannou výživou.⁽²⁾

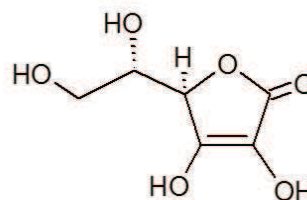
Proč používat potravinové doplňky? Existují dva základní důvody:

- zachovat výživovou jakost konzumovaných potravin na úrovni odpovídající moderním poznatkům (například přidávání vitamínu D do margarínů)
- korigovat deficit některých výživově cenných látek v potravě (např. jodace kuchyňské soli)

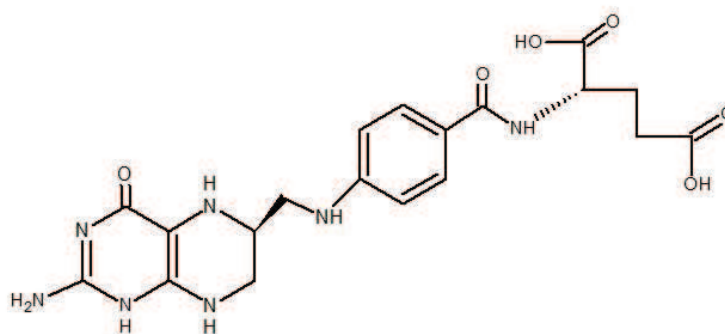
Mezi potravní doplňky povolené v České republice a Evropské Unii k obohacování potravin patří například vitamíny riboflavin (Obr. 68), niacin, kobalamin, listová kyselina (Obr. 70), biotin, vitamín C (Obr. 69), vitamín A, vitamín E a vitamín D. Dalším příkladem jsou minerální látky jako fosfor, hořčík, vápník, zinek, železo a jod.⁽²⁾



Obr. 68 - Struktura riboflavínu



Obr. 69 - Struktura vitamínu C



Obr. 70 - Struktura listové kyseliny

3.1.6. Další aditivní látky

Ve výrobě potravin se používá velké množství dalších přídatných látek s rozdílnými vlastnostmi a účinky. Nejčastěji nalezneme tyto kategorie – zpevňující látky, látky umožňující formulaci výrobků, pomocné látky, synergisty a potenciátory, propelanty a rozpouštědla.⁽²⁾

V určitých technologiích se rozeznávají další přídatné látky, například u tabákových výrobků jsou to modifikátory spalování (aktivní uhlí, chlorid amonný), přísady pro žvýkací a šňupavý tabák aj.

3.1.6.1. Zpevňující látky

Zpevňující látky jsou látky, které obnovují nebo udržují texturu potravin. Většinou se jedná o rozpustné sloučeniny dobře pronikající do materiálů. Nevykazují vlastní aroma ani barvu. Látky se používají nejčastěji u konzervovaného ovoce

a zeleniny, džemů, aj. Příkladem zpevňující látky pro konzervované ovoce a zeleninu je chlorid vápenatý, pro ovoce sacharóza.⁽²⁾

3.1.6.2. Látky umožňující formulaci výrobků

Do této velké skupiny zahrnujeme nosiče aromatických látek, plnidla, adhezni látky, látky k úpravě povrchu a změkčovadla.

Nosiče aromatických látek usnadňují aplikaci ve vodě nerozpustných přídatných látek do výrobků (například. esenciální oleje). Nosiče dále zvyšují retenci aromatických látek, protože potraviny lze aromatizovat až po tepelném nebo jiném zpracování. Příkladem nosičů jsou škroby, dextriny, celulózy a oxid křemičitý.⁽²⁾

Plnidla zvyšují objem či hmotnost potraviny. Nevykazují vlastní aroma a nemění barvu výrobku. Příkladem plnidel jsou oligosacharidy, polysacharidy, které našly použití při výrobě cukrovinek, žvýkaček, vitamínových preparátů, aj.

Adhezni látky jsou látky, které mají za úkol vázat vzájemné částice potravin. Nejčastěji se používají škroby, dextriny, rostlinné gummy, ale také oleje a některé soli. Různá lepicí, adhezni a ztužovací činidla se používají také pro potravinářské obaly.

Látky k úpravě povrchu jsou látky mající za úkol ochránit potravinu. Filmy na povrchu potravin jsou často ochranou před oxidací vzdušným kyslíkem, zpomalují další reakce probíhající v potravinách, zabraňují odpařování vody, aj. Někdy jsou tyto filmy a povlaky bariérou před invazí mikroorganismů. Látky se používají u čerstvého ovoce a zeleniny, čokoládových bonbonů, u vajec a náhražek mléka. Příkladem těchto látek je karnaubský vosk, parafín, minerální olej, kaseináty.⁽²⁾

Změkčovadla jsou látky ovlivňující mechanické vlastnosti potravin. Používají se monoacylglyceroly, oleje, vosky a pryskyřice. Především však různé zvlhčující látky neboli humektanty.

3.1.6.3. Pomocné látky

K těmto přídatným látkám řadíme protispékavé látky, katalyzátory, čiridla, látky tvořící zákal, stabilizátory, pěnotvorné látky, odpeňovače, mazadla a balicí plyny.⁽²⁾

Protispékavé neboli protihrudkující látky tvoří povlaky na povrchu částic potraviny a snižují jejich tendenci k vzájemnému ulpívání. Příkladem je oxid křemičitý nebo fosforečnan vápenatý. Oxid křemičitý se využívá u kuchyňské soli, kakaových prášků a bramborových vloček. Fosforečnan vápenatý se používá u koření a cukrů.

Katalyzátory jsou látky, které urychlují chemickou reakci, ale samy do ní nevstupují. Používají se v malém množství. Příkladem katalyzátorů jsou některé druhy kyselin, ale i enzymy.⁽²⁾

Čiřidla jsou látky, které stabilizují nápoje tím, že odstraňují zákaly a původce zákalů (např. u piva, vína, ovocných šťáv).

Naopak k vyvolání kalného vzhledu u nealkoholických nápojů a speciálně u nápojů z citrusového ovoce, u zmrzliny aj. výrobků se používají rostlinné gummy či bromované rostlinné oleje. U nápojů z jiného ovoce než citrusů se právě používá dřevěná a slupky z citrusů.

Pěnotvorné látky jsou povrchově aktivní látky, které umožňují vytvářet disperze plynných látek v kapalných či tuhých potravinách. Například oxid dusnatý a oxid uhličitý.⁽²⁾

Mazadla jsou přídatné látky, které se aplikují do výrobků, na jejich povrch nebo na povrch výrobních zařízení. Účelem je snížit vzájemnou přilnavost jednotlivých částí výrobků, lepivost na obaly, výrobní zařízení, na zuby aj. Příkladem je křemičitan hořečnatý, škrob, monoacylglyceroly, oleje a lecithin.

Balící plyny, jiné než vzduch, které se zavádějí do obalů před, během nebo po naplnění potraviny, mají úlohu inertní nebo modifikované ochranné atmosféry. Příkladem je dusík při balení mleté kávy.⁽²⁾

3.2. UNIVERZÁLNÍ INDIKÁTOR

Jedním z témat experimentů, které jsou uváděny v této diplomové práci, jsou experimenty s citronovou kyselinou a kyselinou fosforečnou. Na tomto místě věnuji pár slov acidobazickému indikátoru.

Jedním z univerzálních indikátorů je indikátor pH složený z několika acidobazických indikátorů. Hlavními složkami univerzálního indikátoru jsou thymolová modř, methylová červeň, bromthymolová modř a fenolftalein. Univerzální indikátor vykazuje několik zřetelných barevných změn v rozmezí hodnot pH od 1 do 14. Díky tomu dokážeme jednoznačně určit kyselost nebo zásaditost roztoku.⁽²⁶⁾

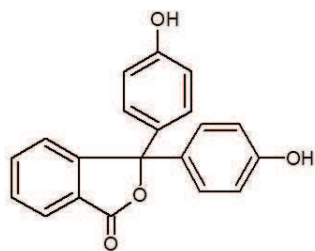
Barvy, které nám udávají pH roztoku, jsou po přidání univerzálního indikátoru znázorněny v tabulce č. 7.⁽²⁶⁾

Tab. č. 7 - Barevná škála univerzálního indikátoru

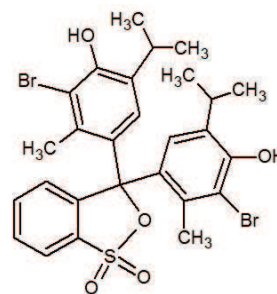
pH	< 3	3- 6	7	8 – 11	>11
popis	silná kyselina	slabá kyselina	neutrální	slabá báze	silná báze
barva	červená	oranžová nebo žlutá	zelená	modrá	fialová nebo růžová

Důvodem této barevné škály univerzálního indikátoru je právě to, že univerzální indikátor je směsí thymolové modři, methylčerveně, bromthymolové modři a fenolftaleinu. Tyto acidobazické indikátory mají různé meze barevných přechodů. Díky tomu dostatečně pokryjí celou stupnici pH.⁽²⁷⁾

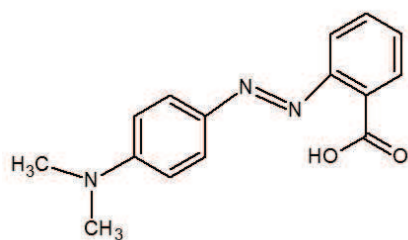
Nejznámější acidobazický indikátor je fenolftalein (Obr. 71). Ten v zásaditém prostředí mění barvu z bezbarvé na fialovou. Barva se mění v prostředí s pH v rozmezí 8 – 10. Další acidobazický indikátor je bromthymolová modř (Obr. 72). Ta v neutrálním prostředí mění barvu ze žluté na modrou. Barva se mění v prostředí s pH v rozmezí 6 – 7,5. Acidobazickým indikátorem je methylčerveň (Obr. 73). Tento indikátor v kyselém prostředí přechází ze žluté na červenou. Barva se mění v prostředí s pH v rozmezí 4,4 – 6,2. Posledním acidobazickým indikátorem obsaženým ve směsi je thymolová modř (Obr. 74). Thymolová modř přechází v silně kyselém prostředí z červené na žlutou. pH prostředí je v rozmezí 1,2 – 2,8. Dále thymolová modř přechází v slabě bazickém prostředí ze žluté na modrou. pH prostředí je v rozmezí 8,0 – 9,6.⁽²⁶⁾



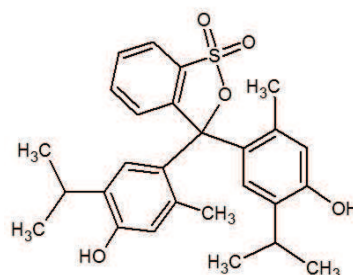
Obr. 71 - struktura fenoftaleinu



Obr. 72 - struktura bromthymolové modři



Obr. 73 - struktura methylčerveně



Obr. 74 - struktura thymolové modři

Univerzální indikátor může být v papírové podobě nebo ve formě roztoku. V papírové podobě je znám jako univerzální indikátorový papírek.

Univerzální indikátorový papírek (Obr. 75) je pás papíru obsahující směs acidobazických indikátorů, tj. univerzálního indikátoru. Barevná škála univerzálního indikátoru odpovídá barevné škále na obalu univerzálního indikátorového papírku.⁽²⁶⁾



Obr. 75 - Barevná škála univerzálních indikátorových papírků

3.3. METHANOLOVÁ KAUZA

Velká část diplomové práce je zaměřena na kolové nápoje. Menší část je pak věnována dalším nápojům, v tomto případě alkoholickým.

Methanolová kauza je kauza týkající se otravy methanolem konzumací alkoholických nápojů. Methanolová kauza se naplno v ČR rozjela v září 2012 a těžce poznamenala trh s lihovinami. Kauza zároveň ukázala jak nebezpečně rozbujelý je černý trh s lihovinami a stát začal jednat.⁽²⁸⁾

Požítí methanolu je méně běžná forma otravy, která může vést k vážným metabolickým potížím, slepotě, trvalému neurologickému poškození a k smrti. Proč je methanol tak závadný?

3.3.1. Methanol

Methanol nebo-li methylalkohol, je nejjednodušší alifatický alkohol. Jedná se o bezbarvou, alkoholicky páchnoucí kapalinu. Jeho vůně a chuť je velmi podobná ethanolu. Je neomezeně mísitelný s vodou. Dobře rozpouští tuky a mnohé organické sloučeniny. Je vysoce hořlavý a jeho páry se vzduchem tvoří výbušnou směs.⁽²⁹⁾

Methanol, dříve nazývaný dřevní líh, je důležitou chemickou surovinou, organickým rozpouštědlem a součástí paliv pro některé spalovací motory. Jeho příbuznost s ethanolem často vede k záměně, která bohužel může být fatální.⁽³⁰⁾

Methanol je jed, zařazený podle zákona 356/2003 a vyhlášky 232/2004⁽³¹⁾ do skupiny toxických látek. Je velmi nebezpečný a je jedno jestli dojde k požití, nadýchání, zasažení pokožky nebo očí. Protože je velmi dobře rozpustný ve vodě a v tucích, tak rychle prostupuje buněčnou membránou a dostává se do krevního oběhu. Sám o sobě methanol není toxický, ale vytváří silně toxické metabolity.

Methanol se jaterní alkoholdehydrogenázou metabolizuje na formaldehyd a ten poté dále alkoholdehydrogenázou na kyselinu mravenčí. Zejména kyselina mravenčí je zodpovědná za toxicitu methanolu. Shromažďování kyseliny mravenčí v organismu způsobuje metabolickou acidózu nebo-li stav, kdy dochází k poklesu koncentrace standardních hydrogenuhličitanů pod stanovenou hodnotu, a útlumu buněčného dýchání.⁽³⁰⁾

Pro člověka jsou toxické právě až metabolity od methanolu a tím je charakteristická i dlouhá, několikahodinová doba latence. Kromě již zmíněné

metabolické acidózy a útlumu buněčného dýchání může intoxikace methanolem způsobit akutní selhání ledvin.

Příznaky a první pomoc při otravě methanolem jsou rozdílné s ohledem na způsoby otravy.

Při nadýchání par methanolu dochází k podráždění sliznic, objevuje se kašel, bolesti hlavy a při větší expozici i bezvědomí. Postiženou osobu je nutné vyvést na čerstvý vzduch.

Při styku s kůží je místo zarudlé a citlivé. Při větší expozici může dojít ke vstřebání pokožkou se stejnými příznaky jako při požití. Postižené osobě sundáme potřísněný oděv, pokožku oplachujeme dostatečným množstvím vody, omýváme mýdlem a teplou vodou.

Při zasažení očí je oko zarudlé, podrážděné. Je nutné ihned zahájit standardní vyplachování oka velkým množstvím vlažné vody po dobu minimálně 10 minut.⁽³⁰⁾

Při požití methanolu jsou následky nejhorší. Nejprve se totiž projevují známky opilosti, tj. euforie, ztráta koordinace pohybů a nevolnost. Postupem času přichází zvracení, křeče, velké bolesti hlavy, rozmazané vidění či slepota a narkotické stavy. Nástup účinků je závislý na množství vypitého methanolu. Při požití, pokud je postižený při vědomí, se doporučuje vyvolání zvracení a následně podání přibližně 30 – 40 ml čistého ethanolu.⁽³⁰⁾

Množství methanolu sloužící k poškození zdraví je relativně malé. Slepotu může způsobit již požití 7 – 15 ml methanolu. Smrtná dávka methanolu, při které lze očekávat, že způsobí smrt 50 % populace u člověka je 143 mg/kg . V přepočtu na objem se za smrtelnou dávku pro člověka považuje 30 až 200 ml methanolu.

3.3.2. Vývoj událostí methanolové kauzy v ČR

Methanolová kauza odstartovala 6. září 2012. Dne 6. září 2012 byla přijata informace o závažných zdravotních potížích pacientů hospitalizovaných na oddělení ARO v Havířově. Po této informaci byly zintenzivněny kontroly v zařízeních společného stravování.⁽³²⁾

V rozmezí 6 dnů bylo provedeno 43 kontrol cíleně zaměřených na kontrolu původu lihovin v předem vytipovaných zařízeních společného stravování, tj. restaurace, bary a pivnice. Kontroly probíhaly zejména v Moravskoslezském kraji.

Ve stánku v Havířově byly nalezeny 4 barely s alkoholem (Hruška, Vodka, Tuzemák). Podezřelé barely byly okamžitě zabaveny a bylo zakázáno čepování jejich obsahu.⁽³²⁾

Dne 11. září 2012 byly v herně na Novojičínsku zjištěny lahve s obsahem zjevně nepůvodní tekutiny. Případ byl ihned předán Celnímu úřadu k došetření. Mezitím ve stejný den bylo orgány ochrany veřejného zdraví nahlášeno 410 kontrol v provozovnách společného stravování a to celkem v 9 regionech. V několika případech byla nařízena likvidace lihovin na místě za přítomnosti pracovníka krajské hygienické stanice.

Dne 12. září 2012 bylo v celoplošném televizním vysílání vyhlášeno mimořádné opatření. Mimořádné opatření bylo cíleno na stánky a přechodné provozovny. Vše nasvědčovalo tomu, že zdrojem jedovatého alkoholu jsou stánky. Později se ukázalo, že část otrav pochází i z kamenných prodejen. Kauza se tedy netýkala pouze „velmi levného alkoholu“. Z tohoto důvodu o dva dny později bylo opět v celoplošném televizním vysílání vyhlášeno toto upravené mimořádné opatření a to úplný zákaz prodeje lihovin od obsahu alkoholu 20 %.⁽³²⁾

Dne 14. září 2012 Česká republika dostala bezplatnou nabídku z Norska týkající se dodávky 90 kusů balení léků na léčbu akutních intoxikací methanolem, tzv. přípravek Fomepizol. Ministerstvo zdravotnictví povolilo dovoz léčiva a lék se začal ihned používat.

Kontroly probíhaly i ve dnech následujících. Stav k 18. září 2012 byl následující:

- Státní zemědělská a potravinářská inspekce provedla celkem 9 444 kontrol.
- Národní monitorovací středisko pro drogy a drogové závislosti monitoroval případy otrav methanolem.
- V jednotlivých krajích probíhají kontroly České obchodní inspekce.
- Policejní orgány provádějí kontroly zaměřené na preventivní opatření.⁽³²⁾

Přehled vybraných nevyhovujících vzorků lihovin odebraných od 7. září do 28. října 2012 (obrázky jednotlivých lihovin viz. příloha str. P1 – P2, Obr. 87 - 97) :

Tab. č. 8 - Tabulka nevyhovujících vzorků lihovin v ČR

název lihoviny	výrobce dle etikety	místo odběru vzorku
Originál TUZEMÁK, alk.40 %, obj. 0,5 l	Likérka DRAK s.r.o.	Ústecká kraj
Originál VODKA, jemná alk. 40 %, obj. 0,5 l	Likérka DRAK s.r.o.	Ústecký kraj
TUZEMSKÝ PIRÁT, 37,5 %, obj. 5 l	Likérka M.K.IGLOV s.r.o.	Olomoucký kraj
Silver VODKA originál, 38 %, obj. 5 l	SASPIRA s.r.o.	Olomoucký kraj
Vodka jemná, alk.40 %, obj. 0,5 l	AB style s.r.o.	Praha
Tuzemák 40 % AB Style, obj. 0,5 l	AB style s.r.o.	Praha
Vapa drink Tuzemský 40 %	VAPA DRINK s.r.o.	Zlínský kraj
Originál vodka jemná 40 %,obj. 0,5 l	Likérka DRAK s.r.o.	Karlovarský kraj
Švestka 40 % alk.	Slezská palírna s.r.o.	Moravskoslezský kraj
Premium borovička	Milan Kwaczek	Jihomoravský kraj
KWACZEK Tuzemák	Milan Kwaczek	Jihomoravský kraj
Tatranská vodka 40 % obj.	LUGARO s.r.o.	Jihomoravský kraj

3.3.3. Případy otrav methanolu v Norsku a Estonsku

Otrava methanolem nebyla ojedinělá záležitost České republiky. Během roku se methanolem otráví po celém Světě velké množství lidí. Jako příklad vezmeme Norsko a Estonsko.

V Norsku od září 2002 do prosince 2004 bylo zaznamenáno 59 případů otravy methanolem. V roce 2002 bylo 33 pacientů hospitalizováno v nemocnici. V roce 2003 to bylo již jen 13 pacientů a v roce následujícím pouhých 5 pacientů. Většinou se jednalo o muže s průměrným věkem 53 let. Z těchto 51 pacientů jich v nemocnici 9 zemřelo. Dalších 5 bylo propuštěno s trvalými následky. Zbylých 37 osob přežilo bez vážnějších následků.⁽³³⁾

Nejčastější příznaky otravy v Norsku byly zrakové obtíže, gastrointestinální poruchy, bolesti na hrudi, únava a několik lidí bohužel skončilo v kómatu. Pacientům byly podávány pufrý jako bikarbonáty či trimethanol s cílem plné redukce acidózy. Dále byly podávány jako protilátky ethanol, fomepizol a hemodialýza.

V Estonsku došlo k nejrozsáhlejší sérii otrav methanolem v září roku 2001. Jednalo se tehdy pouze o jeden estonský region. Alkohol, který byl vyrobený z methanolu, způsobil smrt 68 lidí. Dále způsobil trvalé následky dalším 43 osobám. Z těchto 43 lidí bylo 40 postiženo slepotou nebo poškozením mozku. Zbylé tři osoby měli jiné vážné postižení.⁽³³⁾

Z těchto 68 lidí, kteří na otravu umřeli, bylo pouze 25 úmrtí v nemocnici. Zbylí umřeli mimo nemocnici. Celkem bylo otráveno 154 pacientů. Z těchto 154 pacientů přežilo otravu 86 osob. Z nich ale 20 přežilo s vážnějšími následky.

Zajímavé jsou výsledky studie, která v roce 2007 sledovala stav osob postižených otravou v roce 2001. Z 86 přeživších jich 26 (30 %) zemřelo, 33 se nepodařilo vystopovat, ale zbylých 27 jedinců mělo následující následky:

- 8 osob mělo nové zrakové obtíže
- 8 osob mělo nové neurologické potíže
- Ostatní následky z roku 2001 přetrvaly i do roku 2007

Nejhrůznější výsledek je fakt, že z 26 nově zemřelých bylo 19 pacientů v roce 2001 identifikováno ve skupině bez trvalých následků.⁽³³⁾

3.4. DIDAKTICKÉ PŘÍSTUPY

V této kapitole je popsán experiment, jeho struktura, funkce a cíle. Kromě experimentu jsou zde zmíněny didaktické přístupy a metody využitelné ve výuce *Chemie*. Didaktických přístupů a metod je několik, ale práce je zaměřena k novějším typům. Mezi ně patří například metoda projektového vyučování, experimentální výuka a IBSE, neboli badatelsky orientovaná výuka.

3.4.1. Experiment

Experiment, pokus, je činnost, při které žáci provádějí pozorování určitého jevu zpravidla pod vedením pedagoga a zaznamenávají si průběh, výsledky a hodnocení. Experiment se řadí mezi aktivizující metody názorně – demonstrační. Experiment je velmi často pro žáky nejatraktivnější částí celé vyučovací hodiny *Chemie*. Může se jednat buď o demonstrační experiment nebo o samostatnou činnost žáků. Hlavním přínosem experimentu by měla být motivace žáků k dalšímu bádání a zároveň tím upevňovat již nabitě vědomosti.⁽³⁴⁾

Chemický experiment je součástí výuky předmětu *Chemie*. Jedná se o jeden z materiálních didaktických prostředků. Struktura chemického experimentu může být rozdílná, ale nejběžnější struktura vypadá takto:

- 1. fáze – příprava chemického experimentu:
 - materiální – laboratorní nádobí, chemikálie
 - nemateriální – připravenost žáků pokus provést, vyjádřit změny a umět je vysvětlit
- 2. fáze – vlastní provedení pokusu a pozorování změn
- 3. fáze - vyhodnocení pozorovaných jevů a jejich chemické vyjádření
- 4. fáze – zpracování empirických údajů v empirické poznatky (např. vytvoření chemické rovnice, zjistí výtěžek reakce)

Cílem pokusu je připravit, provést, pozorovat průběh a vyhodnotit chemický pokus a zpracovat empirické údaje. Cíle souvisí vždy se strukturou daného experimentu.⁽³⁴⁾

Mezi základní funkce chemického pokusu patří funkce informativní, formativní, metodologická, osvojovací, upevňovací a kontrolní.

Funkce informativní přináší žákům soubor všech informací, které v průběhu jednotlivých fází chemického pokusu získávají. Například se jedná o fakta ohledně práce s laboratorním sklem, informace o první pomoci při různých druzích poranění.

Funkce formativní se realizuje činností, která formuje osobnost žáka na základě jeho osvojovacích poznatků. Funkce metodologická přináší žákům metodu, kterou se poznává chemie jako věda.

Při využití experimentu na funkci motivační je kladen velký důraz na provedení pokusu. Žáka může do budoucna zaujmout k dalšímu bádání. Mezi nejčastější ve výuce, kde se setkáváme s funkcí motivační, je považován demonstrační pokus prováděný před nějakým větším tematickým celkem.⁽³⁴⁾

Funkce osvojovací přináší žákům jak manuální zručnost, tak myšlení. V tomto případě je v popředí přípravná a vyhodnocovací fáze experimentu. Například žáci určují reaktanty a produkty dané reakce.

Funkce upevňovací již ze samotného názvu říká, že žáci upevňují své znalosti například tím, že předpovídají očekávaný průběh experimentu na základě svých nabitých znalostí. Poslední funkce je funkce kontrolní, která jen zajišťuje prokázání znalostí, dovedností a vědomostí.⁽³⁴⁾

3.4.2. Experimentální vyučování

Experimentální vyučování je možné vyjádřit taky jako škola hrou. V tomto druhu vyučování se do vyučování a výkladu zapojuje větší množství experimentů, pokusů a laboratorních cvičení. Nejčastěji se experimentální vyučování používá v předmětech přírodovědného zaměření jako *Chemie, Fyzika a Biologie*.⁽³⁵⁾

Experimentální výuka rozhodně není jen vyučování pomocí experimentů. Žáci se nejprve všechny potřebné teoretické poznatky naučí během běžné vyučovací hodiny. Poté na řadu přichází právě ta experimentální část, která žáky mnohem více baví.⁽³⁵⁾

Při experimentování žáci využívají své teoretické znalosti v praxi. Změřené nebo jiným způsobem zjištěné informace si žáci zapisují do připravených pracovních listů. Vytvářejí závěry o nově zpozorované nebo zjištěné informaci.

Pedagog je nejprve silným článkem při teoretickém výkladu. Poté když se žáci přesouvají na experimentální část, pedagog mění své postavení na pozorovatele

popř. rádce. Po celé experimentální části pedagog s žáky prodiskutuje pozorované a zjištěné informace. Všechny informace propojí s běžným životem žáků.⁽³⁵⁾

3.4.3. Projektové vyučování

Projektové vyučování lze použít ve vyučování jakéhokoliv předmětu na kterémkoliv stupni školního systému. Projektové vyučování je vyučovací proces, který je založený na řešení komplexních teoretických a praktických problémů na základě aktivní činnosti žáků.⁽³⁶⁾

Vyučování může probíhat buď jako aktivní činnost jednotlivců, tak jako aktivní činnost celé skupiny. Žáci spolupracují na zadaném problému či na skupině problémů.

Hlavním cílem projektového vyučování je podpora tvořivého myšlení, samostatnosti a také diferenciací výuky. Důležitým přínosem je rozvoj schopnosti komunikace a koordinace ve skupině.⁽³⁶⁾

Součástí projektové výuky bývá vytvoření prezentace celé skupiny nebo třídy. Může se jednat o časopis, plakát, webové stránky, odborný článek, nástěnku, výstavu, přednášku pro spolužáky nebo představení pro rodiče aj. V závěru celého projektu nesmí chybět diskuze, ve které prezentující odpovídá na dotazy z publika, hodnotí své výsledky, odůvodňuje postupy při praktické části projektu a formuluje přínos výsledků projektu.⁽³⁶⁾

Pedagog v projektové výuce je tzv. projektový manažer. Pedagog nese odpovědnost za řešení celého projektu, protože jinak projekt žáky nebude bavit a žádné informace si z něho neodnesou. Stává se tak sám zdrojem motivace, rádcem, ale i moderátorem a koordinátorem. Měl by být schopný žákům nabídnout odborné i technické zázemí při realizaci řešení projektů. Například odbornou literaturu, školní pomůcky, ICT školy – tj. PC, internet, školní laboratoř, odbornou učebnu a vybavení. V závěrečném hodnocení musí být pedagog schopen objektivně vyhodnocovat práce týmu, skupin a jednotlivců a zhodnotit celkový přínos vyřešeného projektu.⁽³⁶⁾

3.4.4. *Badatelsky orientovaná výuka*

Badatelsky orientovaná výuka neboli IBSE je z anglického názvu Inquiry based science education. Badatelsky orientovaná výuka představuje komplexní výukový postup, ve kterém je nejdůležitější částí právě samostatné zkoumání žáků.⁽³⁷⁾

Tato výuka je zaměřená na formulování hypotéz, větší zájem o danou problematiku a navrhování řešení problémů od žáků. Žáci se mají za úkol naučit získávat potřebné informace, naučit se vysvětlovat poznatky, ke kterým dospěli, a diskutovat o závěrech. Tento samostatný způsob žáka obohacuje o znalosti a dovednosti. Badatelsky orientovaná výuka je velmi podobná způsobu zjišťování informací ve vědeckém výzkumu. Způsob výuky lze znázornit různými podobami, ale nejčastěji se používá tzv. 5Z cyklus, neboli pětietapový učební cyklus.⁽³⁷⁾

První důležitou fází pro pedagoga je správné zapojení žáka do daného problému. Dokázat ho správně a dostatečně motivovat k danému tématu. Druhou fází je zkoumání, při které dochází k počátečnímu bádání žáka. Žáci si nejprve nalézají samostatně informace o daném problému, zkoušejí přijít na první hypotézy, jak by daný problém vyřešili. Poté dochází k samotné experimentální části.

Další fází, tj. třetí, je zpracování experimentálních dat. Žáci se snaží vyhodnotit získaná data z důvodu toho, že každý žák měl svůj vlastní originální postup řešení problému, tj. musí umět své výsledky prezentovat a obhájit před svými spolužáky. Předposlední fází je zobecnění. Žáci se učí utvářet obecné principy na základě získaných poznatků za spolupráce pedagoga. V poslední fázi dochází k celkovému zhodnocení a shrnutí významných aspektů práce.⁽³⁷⁾

Témata zmiňovaná v teoretické části diplomové práce jsou zařazena do témat vzdělávacího obsahu ať anorganické nebo organické chemie v základním kurikulárním dokumentu RVP G. Vzdělávacími oblastmi, do kterých daná témata zařadíme, jsou *Člověk a příroda*, do které je zařazen vzdělávací obor *Chemie*, a *Člověk a zdraví*, do které je zařazen vzdělávací obor *Výchova ke zdraví*.

Jedním z výstupů ze vzdělávacího obsahu anorganické i organické chemie je, že žák využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu.⁽³⁸⁾ Experimenty navržené v této práci tento výstup zcela splňují.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této části práce jsou popsány přesné postupy experimentů, které byly provedeny v laboratoři KUDCh PrF UK. K provedení jednotlivých experimentů byly používány pomůcky, které patří ke klasickému vybavení chemické laboratoře (běžné laboratorní sklo a další).

Do experimentů jsou používány tyto chemikálie: destilovaná voda, methanol, ethanol, propan-1-ol, propan-2-ol, fenol, butan-2-ol, 2-methylpropan-2-ol, 3-methylbutan-1-ol, koncentrovaná kyselina sírová, vanilin, práškové aktivní uhlí, 3% roztok fenolu, 5% roztok chloridu železitého, sacharóza, 10% kyselina fosforečná, 10% roztok hydroxidu sodného, Fehlingovo činidlo I (roztok pentahydrátu síranu měďnatého), Fehlingovo činidlo II (vinan sodno-draselný, hydroxid sodný), 3% roztok thymolu v ethanolu, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, pevný chlorid sodný, standard aspartamu, standard sacharinu, ninhydrin, thymolová modř, methylová červeň, bromthymolová modř, fenolftalein, 10% kyselina sírová, 10% roztok uhličitanu sodného, 40% roztok hydroxidu sodného a 10% citronová kyselina.

Mezi zkoumané vzorky potravin patří 5 druhů kolových nápojů: Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola, Coca – Cola Zero a Pepsi Cola Max.

4.1. Odstranění barviva v kolových nápojích

Postup experimentu

V této kapitole je popsán postup experimentu, který souvisí s kolovými nápoji (Coca -Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero). Experiment je zacílen na odstranění barviva v kolových nápojích. Tímto barvivem je amoniak – sulfitový karamel, v potravinářství označený jako E150d.⁽³⁹⁾ Pro další experimenty a sledování barevných změn při reakcích s kolovými nápoji je nutné odstranění tohoto barviva.

Pomůcky:

kádinky, stojany, nálevky, skleněné tyčinky, filtrační papír, kruhy, držáky, lžičky

Chemikálie:

vzorky kolových nápojů (Coca - Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca - Cola Zero) (viz. Obr. 76), práškové aktivní uhlí



Obr. 76 – Vzorky kolových nápojů

Postup:

Pro přípravu bezbarvých roztoků slazených kolových nápojů bylo odměřeno 50 ml od každého vzorku. Do odměřeného množství vzorků byly přidány 3 lžičky práškového aktivního uhlí. Směs byla zamíchána za laboratorní teploty skleněnou tyčinkou. Po zamíchání byla směs nechána v klidu stát přibližně 5 minut. Mezitím byla sestavena filtrační aparatura pro každý vzorek. Po přefiltrování byly od každého filtrátu slazených kolových nápojů odebrány vzorky na další experimenty.

Pozorování:

Odbarvení jednotlivých slazených kolových nápojů je uvedeno přehledně v tabulce č. 9. (obrázky viz. příloha str. P3, Obr. 98)

Tab. č. 9 - Odbarvení slazených kolových nápojů

vzorek	barva roztoku před experimentem	barva roztoku po experimentu
Coca – Cola	tmavě hnědá	bezbarvý
Pepsi Cola	tmavě hnědá	bezbarvý
Kofola	tmavě hnědá	bezbarvý
Pepsi Cola Max	tmavě hnědá	bezbarvý
Coca – Cola Zero	tmavě hnědá	bezbarvý

Poznatky:

Aktivní uhlí je uměle vyrobená forma uhlíku, která má velký povrch a díky tomu je schopna zachycovat barviva, jedovaté páry a jiné škodlivé látky.⁽⁴⁰⁾ Aktivní uhlí zachytí na svém velkém povrchu velké množství barviva karamelu. Vzorek se stává bezbarvým a vhodným pro další experimenty.

Závěr:

Za pomoci aktivního uhlí lze z barevných slazených kolových nápojů připravit bezbarvé slazené kolové nápoje.

4.2. Thymolová reakce na kolových nápojích

Postup experimentu

Veřejným tématem jsou sacharidy v kolových nápojích. Obecné tvrzení říká, že kolové nápoje neobsahující sacharidy jsou zdravější potravinou než kolové nápoje obsahující sacharidy. Cílem pokusu je prokázání přítomnosti sacharidů v kolových nápojích, které by dle složení na obalu sacharidy obsahovat měly.

Pomůcky:

kádinky, trojnožka, kahan, zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, lžička

Chemikálie:

odbarvené vzorky kolových nápojů (Coca - Cola, Pepsi Cola, Kofola (viz. Obr. 77), Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero), 3% roztok thymolu v ethanolu, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, pevný chlorid sodný



Obr. 77 – Příklad odbarveného vzorku Kofoly

Postup:

Do pěti zkumavek byl odměřen 1 ml bezbarvého vzorku kolových nápojů. Dále bylo přidáno 6 kapek 3% roztoku thymolu v ethanolu. Následně bylo přilito 6 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a přidáno několik krystalků pevného chloridu sodného. Obsahem zkumavek bylo zamícháno, aby došlo k rozpuštění všech krystalků chloridu sodného. Mezitím byla připravena horká vodní lázeň. Poté byly zkumavky vloženy do horké vodní lázně. Následně byly pozorovány barevné změny ve zkumavkách.

Pozorování:

Barevné změny vzorků slazených kolových nápojů jsou uvedeny přehledně v tabulce č. 10. (obrázky viz. příloha str. P4, Obr. 99)

Tab. č. 10 - Barevné změny vzorků slazených kolových nápojů

vzorek	barva roztoku před vodní lázní	barva roztoku po zahřátí ve vodní lázni
Coca - Cola	bezbarvá	karmínově červená
Pepsi Cola	bezbarvá	karmínově červená
Kofola	bezbarvá	karmínově červená
Coca - Cola Zero	bezbarvá	bezbarvá
Pepsi Cola Max	bezbarvá	bezbarvá

Poznatky:

V kolových nápojích se využívají kromě sacharidů i tzv. umělá sladidla. Mezi umělá sladidla řadíme například aspartam nebo acesulfam K.

Coca - Cola a Kofola dle složení, které výrobce uvádí na etiketě, obsahují glukózo-fruktózový sirup. Jedná se o směs glukózy a fruktózy. Řadíme je tedy

mezi sacharidy. Ve složení Kofoly je uveden i cukr. Pepsi Cola dle složení, které výrobce uvádí na etiketě, obsahuje cukr neboli sacharózu.

Coca - Cola Zero a Pepsi Cola Max dle složení, které výrobce uvádí na etiketě, neobsahují cukry neboli sacharidy. Pokud se podíváme na složení výrobků objevíme zde umělá sladidla jako například aspartam a acesulfam K.

K obecnému důkazu sacharidů ve vzorcích se využívá například thymolová reakce. Reakce je založena na tvorbě furfuralu nebo jeho derivátů, které vznikají účinkem minerálních kyselin na monosacharidy. Při tvorbě furfuralu nebo jeho derivátů probíhá dehydratace. Následně furfural nebo jeho deriváty podléhají kondenzaci s fenoly, tj. s thymolem za vzniku barevných produktů. Reakce dává červené až červenofialové intenzivní zbarvení produktů.⁽⁴¹⁾

Dle složení jednotlivých sladidel v kolových nápojích a výsledků thymolové reakce na vzorcích kolových nápojů lze usuzovat, že v Coca - Cole, Pepsi Cole a Kofole výrobce používá sacharidy. V Coca - Cole Zero a Pepsi Cole Max lze usuzovat, že výrobce nepoužívá sacharidy.

Závěr:

Z barevných změn vzorků Kofoly, Coca - Coly a Pepsi Coly a dle principu důkazu obecných sacharidů lze určit závěr, že Kofola, Coca - Cola a Pepsi Cola obsahují sacharid. Naopak Coca - Cola Zero a Pepsi Cola Max dle principu důkazu přítomnosti sacharidů ve vzorku neobsahují žádný druh sacharidu, chuť nápoje je doladěna pouze umělými sladidly.

4.3. Sladidla v kolových nápojích

Postup experimentu

V této kapitole je popsán postup experimentu, který opět souvisí s kolovými nápoji (Coca-Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero). Jsou pozorována sladidla využitá v kolových nápojích – sacharóza, glukózo-fruktózový sirup, umělá sladidla – a jejich reakce. Sladidla v kolových nápojích jsou veřejným tématem dlouhou dobu a v dnešní době jsou slazené nápoje žákům ve školách dokonce zakazovány.

Pomůcky:

kádinky, zkumavky, stojan na zkumavky, pipety, skleněné tyčinky

Chemikálie:

odbarvené vzorky kolových nápojů (Coca-Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero), destilovaná voda, sacharóza, 10% kyselina fosforečná, 10% roztok hydroxidu sodného, Fehlingovo činidlo I (roztok $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Fehlingovo činidlo II (vinan sodno-draselný, NaOH)

Postup:

Od každého odbarveného vzorku kolových nápojů byly odměřeny 2 ml do připravených zkumavek. Poté byly do každé zkumavky přidány 2 ml Fehlingova činidla I a 2 ml Fehlingova činidla II. Obsah zkumavek byl promíchán a zkumavky byly postupně zahřívány nad kahanem. Byla pozorována barevná změna obsahu zkumavek.

0,1 g sacharózy bylo za stálého míchání rozpuštěno ve 20 ml destilované vody za laboratorní teploty. Do zkumavky byly odměřeny 2 ml roztoku sacharózy. Poté byly přidány 2 ml 10% kyseliny fosforečné. Obsah zkumavky byl promíchán a zkumavka byla umístěna do horké vodní lázně na dobu 5 minut. Po pěti minutách byla zkumavka vyjmuta a za laboratorní teploty nechána vychladnout. Následně byly do zkumavky přidány 2 ml 10% roztoku hydroxidu sodného. Byla připravena druhá zkumavka s 2 ml roztoku sacharózy. K obsahu obou zkumavek byly přidány 2 ml Fehlingova činidla I a následovně 2 ml Fehlingova činidla II. Zkumavky byly zahřívány nad kahanem. Byla pozorována barevná změna obsahu zkumavek.

0,5 g aspartamu a xylitolu bylo za stálého míchání rozpuštěno ve 20 ml destilované vody za laboratorní teploty. Do dvou zkumavek byly odměřeny 2 ml roztoku aspartamu a roztoku xylitolu. Poté do každé zkumavky byly přidány 2 ml Fehlingova činidla

I a 2 ml Fehlingova činidla II. Obsah zkumavek byl promíchán a zkumavky byly postupně zahřívány nad kahanem. Byly pozorovány barevné změny obsahu zkumavek.

Pozorování:

Barevné změny vzorků kolových nápojů jsou uvedeny přehledně v tabulce č. 11. (obrázky viz. příloha str. P5, Obr. 100)

Tab. č. 11 - Barevné změny vzorků kolových nápojů při Fehlingově zkoušce

barva roztoku	před Fehlingovou zkouškou	před zahřátím kahanem	po Fehlingově zkoušce
roztok Coca - Coly	bezbarvý	tmavě modrý	oranžový
roztok Pepsi Coly	bezbarvý	tmavě modrý	oranžový
roztok Kofoly	bezbarvý	tmavě modrý	oranžový
roztok Pepsi Coly Max	bezbarvý	tmavě modrý	zelenomodrý
roztok Coca – Coly Zero	bezbarvý	tmavě modrý	zelenomodrý

Barevné změny vzorků sacharózy a produktů kyselé hydrolýzy jsou uvedeny přehledně v tabulce č. 12. (obrázky viz. příloha str. P6, Obr. 101)

Tab. č. 12 - Barevné změny sacharózy a produktů kyselé hydrolýzy při Fehlingově zkoušce

barva roztoku:	před Fehlingovou zkouškou	před zahřátím kahanem	po Fehlingově zkoušce
roztok sacharózy	bezbarvý	tmavě modrý	tmavě modrý
roztok, kde proběhla kyselá hydrolýza sacharózy	bezbarvý	tmavě modrý	oranžový
roztok aspartamu	bezbarvý	tmavě modrý	hnědá
roztok xylitolu	bezbarvý	tmavě modrý	tmavě modrý

Poznatky:

V kolových nápojích se využívají 3 typy sladidel – sacharóza, glukózo-fruktózový sirup a umělá sladidla. Coca - Cola a Kofola dle složení, které výrobce uvádí na etiketě, obsahují glukózo-fruktózový sirup (Kofola i sacharózu). Pepsi Cola dle složení, které výrobce uvádí na etiketě, obsahuje cukr neboli sacharózu.

Sacharóza, označovaná jako řepný či třtinový cukr je disacharid, který se skládá z α -D-glukózy a β -D-fruktózy spojené $\alpha(1,2)$ vazbou. Jedná se o neredukující sacharid, protože neobsahuje žádný volný poloacetalový hydroxyl. Hydroxylové skupiny přítomné na poloacetalových uhlících jednotlivých monosacharidových jednotek (glukózy, fruktózy) se účastní glykosidové vazby, a tudíž nemůže docházet k jejich oxidaci při Fehlingově zkoušce.

Glukózo-fruktózový sirup je uměle vyrobená směs glukózy a fruktózy v poměru přibližně 45:55.⁽⁴²⁾ Glukóza i fruktóza jsou redukující sacharidy.

Glukóza označovaná též jako hroznový cukr je monosacharid. Jedná se o redukující sacharid, protože ve své molekule obsahuje na poloacetalovém uhlíku volnou hydroxylovou skupinu. Ta se při reakci s Fehlingovým činidlem oxiduje za vzniku karboxylové skupiny. Při reakci dochází k redukci měďnatých kationtů z Fehlingova činidla I v zásaditém prostředí na oxid měďný. Tato reakce je doprovázena změnou barvy – z modré na oranžovou.

Fruktóza označována též jako ovocný cukr je monosacharid. Jedná se také o redukující sacharid, protože ve své molekule obsahuje na poloacetalovém uhlíku volnou hydroxylovou skupinu. Ta se při reakci s Fehlingovým činidlem oxiduje za vzniku karboxylové skupiny. Při reakci dochází k redukci měďnatých kationtů z Fehlingova činidla I v zásaditém prostředí na oxid měďný. Tato reakce je doprovázena změnou barvy – z modré na oranžovou

Coca – Cola Zero a Pepsi Cola Max dle složení, které výrobce uvádí na etiketě potraviny, obsahují směs umělých sladidel jako aspartam či acesulfam K.

Umělá sladidla jsou syntetická sladidla, která se od ostatních liší tím, že mají nulovou výživovou hodnotu. Velmi často se tedy využívají do potravin, které výrobce nazývají bez cukrů. Umělá sladidla jsou ale mnohonásobně sladší než sacharóza. Mezi umělá sladidla řadíme například acesulfam K, aspartam, xylitol nebo cyklamáty.

Acesulfam K je poměrně nově zavedené náhradní sladidlo. Jedná se o bílé krystalické sladidlo zvýrazňující chuť. Je přibližně dvěstěkrát sladší než sacharóza. Samotný má nahořklou chuť, proto se do potravinářských výrobků dává v kombinaci s dalšími sladidly.

Aspartam je náhradní sladidlo, které je přibližně dvěstěkrát sladší než sacharóza. Dokáže zvýrazňovat aroma potraviny, ale je nestabilní při zahřívání – ztrácí svoji sladkost. V kyselých vodných roztocích se v závislosti na pH a teplotě hydrolyzuje a vzniká dipeptid a methanol. Reakce jsou spojeny s poklesem sladké chuti. Proto není aspartam vhodný pro všechny potraviny (zejména pro kyselé).

Podle složení sladidel v kolových nápojích (Coca – Cola, Kofola, Pepsi Cola) a výsledků Fehlingovy zkoušky na vzorcích kolových nápojů můžeme usuzovat, že jedinou výjimkou ve složení je složení Pepsi Coly. Dle výsledků Fehlingovy zkoušky lze usuzovat, že v Pepsi Cole již není sacharóza, ale monosacharidové jednotky (glukóza, fruktóza). Tento fakt lze vysvětlit kyselou hydrolyzou sacharózy kyselinou fosforečnou, která je též součástí Pepsi Coly. Druhá část experimentu je tedy důkaz toho, že roztok sacharózy lze pomocí kyseliny fosforečné rozložit na již zmíněné monosacharidové jednotky, tj. na glukózu a fruktózu.

V kyselém prostředí (zředěná kyselina fosforečná) za zvýšené teploty (zahříváním nad kahanem) dochází k hydrolyze sacharózy na glukózu a fruktózu. Přítomná kyselina musí být následně odstraněna neutralizací (např. zředěným roztokem hydroxidu sodného). Neutralizací vzniká sůl a voda a reakce dále neprobíhá. Fehlingova zkouška dokáže, že hydrolyzou vznikají redukující sacharidy, tj. glukóza a fruktóza.

Poslední částí experimentu je důkaz, že umělé sladidlo xylitol není redukující látkou, a proto je Fehlingova zkouška negativní. Aspartam obsahuje karboxylovou funkční skupinu, která je Fehlingovým činidlem také redukována a dává pozitivní výsledek, ale méně výrazný oproti redukujícím monosacharidům

Podle složení sladidel v kolových nápojích (Coca – Cola Zero, Pepsi Max) a výsledků Fehlingovy zkoušky na vzorcích kolových nápojů lze usuzovat, že tyto nápoje obsahují umělá sladidla aspartam, acesulfam K nebo cyklamát sodný.

Závěr:

Z barevných změn vzorků Kofoly, Coca - Coly a Pepsi Coly a z teorie o sladidlech lze určit závěr, že Kofola a Coca-cola obsahují glukózo-fruktózový sirup. Naopak Pepsi Cola dle teorie neobsahuje již sacharózu jako takovou, ale již produkty její hydrolyzy působením kyseliny fosforečné. Z barevných změn vzorků Coca – Coly Zero a Pepsi Coly Max a z teorie o umělých sladidlech lze určit závěr, že obě pravděpodobně obsahují směs umělých sladidel (aspartam, acesulfam K či cyklamát sodný).

4.4. Umělá sladidla v kolových nápojích

Postup experimentu

Kolové nápoje, které neobsahují sacharidy, obsahují dle složení uvedeném na obalu výrobku umělá sladidla, např. aspartam nebo acesulfam K. Vzhledem k výrazně vyšší sladivosti však nápoje obsahují nízkou koncentraci těchto sladidel a důkazové reakce na aspartam není průkazná. Experiment byl tedy rozšířen o standardy umělých sladidel a to o standard aspartamu a sacharinu.

Pomůcky:

kádinky, trojnožka, kahan, zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, lžičky, třecí misky s tloučkem

Chemikálie:

odbarvené vzorky kolových nápojů (Coca - Cola Zero, Pepsi Cola Max), standardní látka aspartam (výrobce *Vitar s.r.o.*; *F&N dodavatelé s.r.o.*, Obr. 78), standardní látka sacharin (výrobce *F&N dodavatelé s.r.o.*, Obr. 78), ninhydrin, destilovaná voda, ethanol



Obr. 78 - Aspartam, Sacharin

Postup:

Ve třech miskách s tloučky byly postupně rozdrceny 2 tablety standardu aspartamu od dvou různých výrobců a standardu sacharinu. Rozdrcené látky byly rozpuštěny v 15 ml destilované vody za laboratorní teploty. Při slabém rozpouštění látky byl přidán 1 ml ethanolu. Obsah zkumavek byl zamíchán. Do dvou dalších zkumavek bylo odměřeno 5 ml bezbarvého vzorku kolových nápojů. Poté bylo do všech pěti zkumavek přikapáno 20 kapek roztoku ninhydrinu. Obsahy všech zkumavek byly zamíchány. Následně byla připravena horká vodní lázeň a zkumavky do ní byly umístěny na dobu 10 minut. Byly pozorovány barevné změny ve zkumavkách.

Pozorování:

Barevné změny vzorků kolových nápojů a standardů aspartamu a sacharinu jsou uvedeny přehledně v tabulce č. 13. (obrázky viz. příloha str. P7, Obr. 102)

Tab. č. 13 - Barevné změny vzorků kolových nápojů a standardů aspartamu a sacharinu

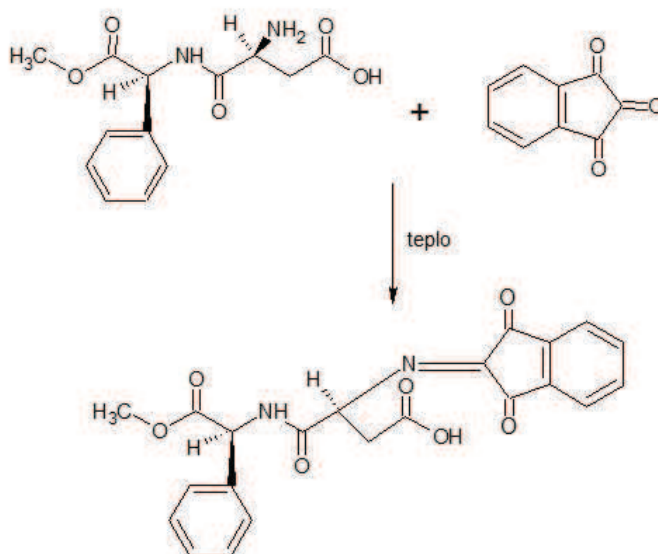
vzorky	barva roztoku před zahřátím ve vodní lázni	barva roztoku po zahřátí ve vodní lázni
Coca - Cola Zero	bezbarvá	bezbarvá
Pepsi Cola Max	bezbarvá	bezbarvá
standard aspartamu 1	bezbarvá	tmavě fialová
standard aspartamu 2	bezbarvá	fialová
standard sacharinu	bezbarvá	bezbarvá

Poznatky:

V kolových nápojích neobsahující sacharidy se využívají k dochucení umělá sladidla. Jedná se o velkou skupinu sladidel, ale nejčastějšími příklady jsou aspartam a acesulfam K.

Coca - Cola Zero a Pepsi Cola Max dle složení, které výrobce uvádí na etiketě, neobsahující cukry neboli sacharidy. Pokud se podíváme na podrobnější složení výrobků, objevíme zde alespoň umělá sladidla, například aspartam a acesulfam K.

K důkazu aspartamu se využívá reakce s ninhydrinem za vyšší teploty. Reakce běží dle schématu⁽⁴³⁾ (viz. Obr. 79):



Obr. 79 - Schéma reakce s ninhydrinem

Závěr:

Z barevných změn standardů aspartamu a dle schématu reakce lze určit závěr, že Coca - Cola Zero a Pepsi Cola Max obsahují pravděpodobně umělá sladidla ve velmi malém množství. Z výsledků standardu sacharinu, dalšího umělého sladidla, a dle schématu reakce lze odvodit závěr, že reakce s ninhydrinem neprobíhá se všemi umělými sladidly. Tato reakce je specifická z uvedených umělých sladidel pouze pro aspartam.

4.5. Kyselina fosforečná x citronová kyselina v kolových nápojích

Postup experimentu

V této kapitole je popsán postup experimentu s kolovými nápoji (Coca - Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero). Jedná se o nápoje, které děti velmi často konzumují a tak jsou vhodnou potravinou na experimenty. Předmětem zkoumání jsou aditivní látky regulující kyselost nápojů a to pomocí důkazových reakcí. Jedná se o citronovou kyselinu a kyselinu fosforečnou.

Pomůcky:

kádinky, zkumavky, stojan na zkumavky, pipety

Chemikálie:

odbarvené vzorky slazených kolových nápojů (Coca - Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero, Obr. 80 - 84), 0,5% roztok fenolu, 5% roztok FeCl_3 , destilovaná voda, Uffelmannovo činidlo (Obr. 85)



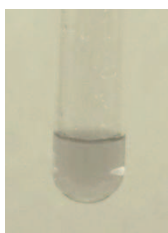
Obr. 80 - Kofola



Obr. 81 - Pepsi Cola



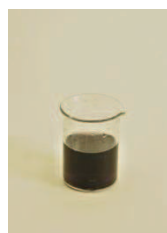
Obr. 82 – Coca - Cola



Obr. 83 - Pepsi Cola Max



Obr. 84 - Coca - Cola Zero



Obr. 85 - Uffelmannovo činidlo

Postup:

Do kádinky byl připraven vodný roztok fenolu. Pro přípravu vodného roztoku bylo odebráno 0,1 g fenolu a fenol byl rozpuštěn v 20 ml destilované vody. K roztoku fenolu bylo přidáno 30 kapek 5% roztoku chloridu železitého. Do každé z pěti zkumavek bylo odebráno 5 ml odbarveného kolového nápoje a přidáno 40 kapek připraveného Uffelmannova činidla (roztok fenolu s chloridem železitým). Následně byla pozorována barevná změna v každé zkumavce.

Pozorování:

Barevné změny vzorků slazených kolových nápojů jsou uvedeny přehledně v tabulce č. 14. (obrázky viz. přílohy str. P8, Obr. 103)

Tab. č. 14 - Barevné změny vzorků slazených kolových nápojů

vzorek	barva roztoku vzorku před reakcí	barva roztoku vzorku ihned po reakci	po dlouhodobějším stání (upřesněná doba)
Coca – Cola	bezbarvá	bílá sraženina	bílá sraženina u dna, bezbarvý roztok (40 minut)
Pepsi Cola	bezbarvá	bílá sraženina	bílá sraženina u dna, bezbarvý roztok (90 minut)
Kofola	bezbarvá	světle žlutá	světle žlutý roztok
Pepsi Cola Max	bezbarvá	bílá sraženina	bílá sraženina u dna, bezbarvý roztok (10 minut)
Coca – Cola Zero	bezbarvá	bílá sraženina	bílá sraženina u dna, bezbarvý roztok (10 minut)

Poznatky:

K důkazu citronové kyseliny lze použít Uffelmannovu reakci. Uffelmannovo činidlo je fialové díky tvorbě komplexu již zmiňovaného fenolu s železitými kationty. Hydroxykyseliny, mezi něž patří i citronová kyselina, velmi ochotně vytváří komplexy s ionty kovů.

Vzorek Kofoly podle složení, které výrobce uvádí na etiketě, obsahuje citronovou kyselinu. Naopak vzorky Coca - Coly , Pepsi Coly, Coca – Coly Zero a Pepsi Coly Max podle složení, které výrobce uvádí na etiketě, obsahují kyselinu fosforečnou. Po přidání bezbarvého roztoku vzorku Kofoly k fialovému komplexu fenolu s železitými ionty se vytváří komplexy železitého iontu s citronovou kyselinou, která je obsažena v Kofole. Reakce je dána pevnější vazbou železitých kationtů s citronovou kyselinou než vazba železitých kationtů s fenolem. Citronová kyselina vytváří stabilnější komplex s železitými kationty než fenol, proto dochází k vytěsnění fenolu z komplexu s železitými kationty. Tato reakce je doprovázena barevnou změnou z fialové na žlutou.

Po přidání bezbarvého roztoku vzorku Coca – Coly, Pepsi Coly, Coca – Coly Zero a Pepsi Coly Max k fialovému komplexu fenolu s železitými ionty dochází k vytvoření bílé sraženiny. Sraženina je ve vodě nerozpustný fosforečnan železitý.⁽⁴⁴⁾

Závěr:

Z barevných přechodů vzorků Kofoly, Coca – Coly, Pepsi Coly, Coca – Coly Zero a Pepsi Coly Max s Uffelmannovým činidlem a z teorie o citronové kyselině lze určit závěr, že citronová kyselina je obsažena pouze v jednom vzorku z pěti zjišťovaných a to v Kofole. V ostatních vzorcích je použita kyselina fosforečná.

4.6. Univerzální indikátor x kolové nápoje

Postup experimentu

V této kapitole je popsán postup experimentu na univerzální indikátor, na kterém lze ukázat, že obě kyseliny obsažené v kolových nápojích (Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero) jako regulátory kyselosti jsou podobně silné kyseliny. I přestože jedna je zástupcem anorganických kyselin a druhá zástupcem organických kyselin.

Pomůcky:

kádinky, zkumavky, stojan na zkumavky, odměrná baňka (1 dm^3), lžičky, pipety

Chemikálie:

odbarvené vzorky kolových nápojů (Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola, Pepsi Cola Max, Coca – Cola Zero), ethanol, thymolová modř, methylová červeně, bromthymolová modř, fenoftalein, 0,1 M hydroxid sodný, 10% kyselina sírová, 10% kyselina fosforečná, 10% roztok uhličitanu sodného, 40% roztok hydroxidu sodného, 10% citronová kyselina, destilovaná voda



Obr. 86 – roztok univerzálního indikátoru

Postup:

Pro přípravu 1 dm^3 univerzálního indikátoru (Obr. 86) bylo naváženo 25 mg thymolové modři, 62 mg methylové červeně, 250 mg bromthymolové modři a 500 mg fenoftaleinu. Směs indikátorů byla rozpuštěna v 500 ml ethanolu a odměrná baňka byla doplněna destilovanou vodou na 1 dm^3 . Roztok byl neutralizován několika kapkami hydroxidu sodného, dokud nedošlo k barevné změně roztoku na zelenou.

Do šesti zkumavek byly odměřeny 2 ml následujících látek – roztoků kyseliny sírové, kyseliny fosforečné, citronové kyseliny, destilované vody, roztoku uhličitanu sodného a roztoku hydroxidu sodného. Následně bylo do každé zkumavky přikapáno 10 kapek univerzálního indikátoru. Byly pozorovány barevné změny obsahu zkumavek.

Do dalších pěti zkumavek byly odměřeny 2 ml vzorku odbarvených kolových nápojů. Následně bylo do každé zkumavky přikapáno 10 kapek univerzálního indikátoru. Byly pozorovány barevné změny obsahu zkumavek.

Pozorování:

Barevné změny obsahů zkumavek jsou přehledně uvedeny v tabulce č. 15. (obrázky viz. příloha str. P9, Obr. 104)

Tab. č. 15 - Barevné změny obsahů zkumavek po přidání univerzálního indikátoru

vzorek	barva roztoku po reakci
10% kyselina sírová	růžovočervená
10% kyselina fosforečná	oranžovočervená
10% citronová kyselina	oranžovočervená
destilovaná voda	světle zelená
10% roztok uhličitanu sodného	fialová
40% roztok hydroxidu sodného	modrá

Barevné změny obsahů zkumavek jsou přehledně uvedeny v tabulce č. 16. (obrázky viz. příloha str. P10, Obr. 105)

Tab. č. 16 - Barevné změny kolových nápojů po přidání univerzálního indikátoru

vzorek	barva roztoku po reakci
Coca – Cola	oranžovočervená
Pepsi Cola	oranžovočervená
Kofola	oranžovočervená
Coca – Cola Zero	oranžovočervená
Pepsi Cola Max	oranžovočervená

Poznatky:

Acidobazický indikátor je látka, která v prostředí o různém pH vykazuje různé barvy. Mezi nejběžnější acidobazické indikátory řadíme fenoftalein, thymolovou modř a metylovou červeň.

Univerzální indikátor je směs čtyř acidobazických indikátorů o široké škále barevných přechodů. Tato směs se používá na výrobu univerzálních indikátorových papírků, běžně ve školách používaných. Acidobazický univerzální indikátor je složen z thymolové modři, methylové červeně, bromthymolové modři a fenolftaleinu. Pro každý acidobazický indikátor je rozdílná barevná změna pro rozdílné hodnoty pH roztoku.

Thymolová modř je indikátor, který má barevnou změnu ve dvou rozmezích pH. Prvním rozmezím je 1,2 – 2,8, kdy indikátor mění barvu od červené až po žlutou. Druhým rozmezím je 8,0 – 9,6, kdy indikátor mění barvu od žluté až po modrou.

Methylová červeně je indikátor, který má barevnou změnu pouze v jednom rozsahu pH. Jedná se o rozsah 4,4 – 6,2, kdy mění barvu od červené až po žlutou.

Bromthymolová modř je indikátor, který má také barevnou změnu pouze v jednom rozsahu pH. Tady se jedná o rozsah 6,0 – 7,6, kdy se mění barva od žluté po modrou.

Posledním indikátorem je fenolftalein, který má barevnou změnu také pouze v jednom rozsahu. Tady se jedná o rozsah 8,3 – 10,0. V tomto rozsahu dochází k barevné změně z bezbarvé až na fuksiovou.

Směsí těchto indikátorů získáme typickou barevnou škálu pro rozdílné pH roztoku, která je znázorněna v tabulce č. 17. (obrázky viz. příloha str. P9, Obr. 104)

Tab. č. 17 - Barevná škála univerzálního indikátoru

pH	< 3	3 - 6	7	8 - 11	> 11
sloučenina	silná kyselina	slabá kyselina	neutrální prostředí	slabá zásada	silná zásada
barva	červená	oranžová	zelená	fialová	modrá

Vzorky kolových nápojů obsahují regulátory kyselosti - buď kyselinu fosforečnou nebo citronovou kyselinu. Kyselina fosforečná je středně silná kyselina s $pK_A = 2,12$ (25 °C). Citronová kyselina je také středně silná kyselina s $pK_A = 3,13$ (25 °C). Obě tyto kyseliny poskytují oranžovočervené zbarvení s univerzálním indikátorem.

Podle teorie o kyselině fosforečné a citronové kyselině a získaných výsledků z experimentu lze usuzovat, že síla obou kyselin je velmi podobná a nelze tedy určit obsah kyselin v kolových nápojích jen pomocí tohoto univerzálního indikátoru.

Závěr:

Z barevných změn kolových nápojů (Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola, Coca – Cola Zero, Pepsi Cola Max) a dle barevné škály pro univerzální indikátor lze učinit závěr, že kyselina fosforečná a citronová kyselina jsou obě středně silné kyseliny s velmi blízkými hodnotami pK_A .

4.7. Rozlišení jednotlivých typů alkoholů pomocí vanilinosírové kyseliny

Postup experimentu

V této kapitole je popsán postup experimentu, který souvisí s veřejným tématem – methanolová kauza. Jedná se o reakci alkoholu s vanilinosírovou kyselinou a destilovanou vodou. Tento experiment rozlišuje methanol a ethanol, resp. i mnohé další alkoholy.

Pomůcky:

kádinky, zkumavky, stojan na zkumavky, pipety, magnetické míchadlo, skleněné tyčinky

Chemikálie:

destilovaná voda, koncentrovaná kyselina sírová, vanilin, methanol, ethanol, fenol, propan-1-ol, propan-2-ol, butan-2-ol, 2-methylpropan-2-ol, 3-methylbutan-1-ol

Postup:

Pro přípravu vanilinosírové kyseliny byl navážen 1 g vanilinu, který byl za stálého míchání rozpuštěn v 50 ml koncentrované kyseliny sírové za laboratorní teploty. Poté od každého alkoholu kromě ethanolu byly odebrány 4 kapky do připravených zkumavek. Ethanolu bylo odebráno 8 kapek. Do každé zkumavky se vzorkem alkoholu byly přidány 2 ml připravené vanilinosírové kyseliny. Obsah zkumavek byl zamíchán. Následně bylo do obsahu zkumavek přikapáno 20 kapek destilované vody. Obsah zkumavek byl opět promíchán. Zkumavka s propan-1-olem byla vložena do horké vodní lázně. Následně bylo pozorováno, zda dochází k barevné změně.

Pozorování:

Barevné změny různých alkoholů s vanilinsírovou kyselinou jsou uvedeny přehledně v tabulce č. 18. (obrázky viz. příloha str. P11, Obr. 106)

Tab. č. 18 – Barevné změny alkoholů s vanilinsírovou kyselinou a destilovanou vodou

Alkohol	Barva vzorku alkoholu	Barva vzorku s vanilinsírovou kyselinou
methanol	bezbarvá	žlutá
ethanol	bezbarvá	olivově hnědozelená
fenol	bezbarvá	tmavě červená
propan-1-ol	bezbarvá	světle hnědá
propan-2-ol	bezbarvá	tmavě hnědá (proti světlu vínově fialová)
butan-2-ol	bezbarvá	tmavě fialová
2-methylpropan-2-ol	bezbarvá	růžovofialová
3-methylbutan-1-ol	bezbarvá	modrofialová

Poznatky:

Methanol a ethanol jsou primární alkoholy. Oba alkoholy jsou bezbarvé kapaliny dobře mísitelné s vodou, proto je nelze rozeznat pouhým okem. Lucasův test na rozlišení jednotlivých typů alkoholů nelze použít z důvodu, že oba (methanol, ethanol) jsou primárními alkoholy.

Fenol je aromatický alkohol s jednou alkoholovou skupinou. Jedná se o bezbarvou pevnou látku. Při rozpouštění vzniká bezbarvý vodný roztok resp. emulze (fenol je omezeně rozpustný ve vodě). Propan-1-ol je primární alkohol jako methanol a ethanol. Jedná se opět o bezbarvou kapalinu. 3-methylbutan-1-ol je také primární alkohol a je bezbarvou kapalinou. Mezi sekundární alkoholy řadíme propan-2-ol, butan-2-ol. Všechny tyto příklady sekundárních alkoholů jsou bezbarvé kapaliny. Jediným zástupcem terciárního alkoholu, který byl využit, je 2-methylpropan-2-ol. Jedná se opět o bezbarvou kapalinu.

Kyselina vanilinosírová je žlutý roztok. Po přidání k methanolu nedochází k žádné reakci. Roztok zůstává žlutý. Po přidání k ethanolu dochází k barevné změně. Vzniká olivově hnědozelený roztok. Po přidání k roztoku fenolu se barva mění na tmavě červenou. U propan-1-olu se po reakci jedná o světle hnědý roztok. U propan-2-olu se jedná o tmavě hnědý roztok. Pokud je zkumavka vystavena proti světlu, je patrné

vínově červené zbarvení. Butan-2-ol poskytuje po reakci tmavě fialový roztok. Po přidání k 2-methylpropan-2-olu vzniká růžově fialový roztok. Při přidání 3-methylbutan-1-olu ke kyselině vanilinosírové dochází k barevnému zbarvení do modrofialové.

Při přípravě kyseliny vanilinosírové dochází k rozpouštění vanilinu v koncentrované kyselině sírové. Při rozpouštění dochází k navázání kyseliny sírové na alkoholovou skupinu vanilinu. Vytváří se několik rezonančních struktur. Po přidání alkoholu k vanilinosírové kyselině dochází k navázání alkoholového zbytku přes kyslík původní karbonylové skupiny. Opět se vytváří několik rezonančních struktur.

Při navázání alkoholového zbytku dochází v cyklu vanilinu k přesunu elektronů, což pravděpodobně způsobuje ono zbarvení pro různé typy alkoholů. Působí zde rozdílný indukční efekt alkoholových zbytků na elektronový systém vanilinu.

Závěr:

Pomocí kyseliny vanilinosírové a destilované vody lze rozlišit jednotlivé typy alkoholů (např. methanol, ethanol).

5. PRACOVNÍ LISTY

Tato kapitola obsahuje připravené pracovní listy pro žáky na různá témata týkající se kolových nápojů. Například regulátory kyselosti, sacharidy, umělá sladidla aj. Vedle pracovních listů je uvedeno i řešení pro pedagogy v příloze na str. 124 - 140. Tyto pracovní listy jsou vhodné k využití při laboratorní práci žáků. V některých případech je však nutná spolupráce jednotlivých skupin žáků. Jednotlivé pracovní listy lze využít také jako součást projektu, který je uveden v diplomové práci na str. 93 - 96.

Pro řešení úloh je vhodné, aby pedagog žákům poskytl v předcházející vyučovací hodině studijní text, který by si žáci přečetli. Studijním textem je v této diplomové práci část teoretická (kapitola 3) na téma potravinářská aditiva a alkoholy uvedená na str. 11 - 57.

5.1. Pracovní list pro žáky - barviva

Odstranění barviva z kolových nápojů

Zadání:

Po prostudování složení jednotlivých kolových nápojů se zamyslete, jak z nich odstranit barvivo. Poté experiment proveďte a vyplňte laboratorní protokol.

Chemikálie:

- vzorky kolových nápojů
-

Pomůcky:

- kádinky
- stojan
- skleněné tyčinky
- filtrační papír
- lžička
- nálevka
- kruh
- svorka

Postup:**Pozorování:**

Do následující tabulky si запиšte nebo jinak vyznačte barevné změny, které jste pozorovali v experimentu.

<i>vzorky</i>	<i>barva před experimentem</i>	<i>barva po experimentu</i>
<i>Coca – Cola</i>		
<i>Pepsi Cola</i>		
<i>Kofola</i>		
<i>Coca – Cola Zero</i>		
<i>Pepsi Cola Max</i>		

Úkoly:

1. Vyberte si dva druhy kolových nápojů a napište závěr vašeho experimentu na vybraných druzích kolových nápojů.
2. Nakreslete aparaturu, kterou využijete v průběhu experimentu.

5.2. Pracovní list pro žáky - thymolová reakce

Thymolová reakce na kolových nápojích

Zadání:

Podle teorie o thymolové reakci určete kolové nápoje, které obsahují sacharidy.

Chemikálie:

- odbarvené vzorky kolových nápojů
- 3% roztok thymolu v ethanolu
- koncentrovaná kyselina chlorovodíková
- pevný chlorid sodný

Pomůcky:

- kádinky
- trojnožka
- kahan
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- pipety
- lžička

Postup:

Do pěti zkumavek odměřte 1 ml odbarvených vzorků kolových nápojů. Dále přidejte 6 kapek 3% roztoku thymolu v ethanolu. Následně přilijte 6 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a přidejte několik krystalků pevného chloridu sodného. Obsah zkumavek zamíchejte, aby došlo k rozpuštění všech krystalků chloridu sodného. Mezitím si připravte horkou vodní lázeň. Poté zkumavky umístěte do horké vodní lázně. Následně pozorujte barevné změny ve zkumavkách.

Pozorování:

Do následující tabulky zapište nebo jinak si zaznamenejte barevné změny, které jste během experimentu pozorovali. Do posledního sloupce napište kolový nápoj.

<i>druh kolového nápoje</i>	<i>barva před reakcí</i>	<i>barva po reakci</i>
<i>Coca – Cola</i>		
<i>Pepsi Cola</i>		
<i>Kofola</i>		
<i>Coca – Cola Zero</i>		
<i>Pepsi Cola MAx</i>		

Úkoly:

1. Napište vzorec thymolu.

5.3. Pracovní list pro žáky – sladidla I

Sladidla v kolových nápojích I

Zadání:

Po prostudování teorie o Fehlingově zkoušce a prostudování obalů jednotlivých obalů nápojů rozhodněte, jaké sladidlo je použito k dochucení vzorků různých druhů kolových nápojů.

Chemikálie:

- odbarvené vzorky kolových nápojů
- Fehlingovo činidlo I
- Fehlingovo činidlo II

Pomůcky:

- kádinky
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- pipety
- držák na zkumavky
- zápalky

Postup:

Od každého odbarveného vzorku kolových nápojů odměřte 2 ml do připravených zkumavek. Poté do každé zkumavky přidejte 2 ml Fehlingova činidla I a 2 ml Fehlingova činidla II. Obsah zkumavek promíchejte a zkumavky postupně zahřívejte nad kahanem. Pozorujte barevné změny obsahů zkumavek.

Pozorování:

Do následující tabulky si запиšte nebo jinak vyznačte barevné změny, které jste pozorovali během experimentu. Do posledního sloupce tabulky запиšte, o jaké sladidlo se podle teorie a vašich experimentálních výsledků jedná ve vašich zadaných odbarvených kolových nápojů.

<i>vzorky</i>	před zkouškou	před zahřátím kahanem	po zkoušce	sladidlo
<i>Coca - Cola</i>				
<i>Pepsi Cola</i>				
<i>Kofola</i>				
<i>Coca – Cola Zero</i>				
<i>Pepsi Cola Max</i>				

Úkoly:

1. Napište vzorec monosacharidů glukózy, fruktózy a označte poloacetalový hydroxyl.
2. Napište vzorec sacharózy. Rozhodněte, zda se jedná o redukující či neredukující sacharid a své rozhodnutí zdůvodněte.
3. Popište princip Fehlingovy zkoušky.

5.4. Pracovní list pro žáky – sladidla II

Sladidla v kolových nápojích II

Zadání:

Po prostudování teorie o kyselé hydrolyze sacharózy a Fehlingově zkoušce určete, zda Pepsi Cola obsahuje sladidlo sacharózu nebo jiné sladidlo.

Chemikálie:

- odbarvený vzorek Pepsi Coly
- destilovaná voda
- sacharóza
- 10% kyselina fosforečná
- 10% roztok hydroxidu sodného
- Fehlingovo činidlo I
- Fehlingovo činidlo II

Pomůcky:

- kádinky
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- pipety
- skleněné tyčinky

Postup:

Od odbarveného vzorku Pepsi Coly odměřte 2 ml do připravené zkumavky. 0,1 g sacharózy za stálého míchání rozpusťte ve 20 ml destilované vody za laboratorní teploty. Do zkumavky odměřte 2 ml roztoku sacharózy. Poté přidejte 2 ml 10% kyseliny fosforečné. Obsah zkumavky promíchejte a zkumavku umístěte do horké vodní lázně po dobu 5 minut. Po pěti minutách zkumavku vyjměte a za laboratorní teploty nechte vychladnout. Poté do zkumavky přidejte 2 ml 10% roztoku hydroxidu sodného. Do nové zkumavky odměřte 2 ml roztoku sacharózy.

Do třech zkumavek (odbarvený vzorek Pepsi Coly, roztok sacharózy, roztok sacharózy s kyselinou fosforečnou a roztokem hydroxidu sodného) přidejte 2 ml Fehlingova

činidla I a následně 2 ml Fehlingova činidla II. Zkumavky zahříváte nad kahanem. Pozorujte barevnou změnu obsahu zkumavek.

Pozorování:

Do následující tabulky запиšte barevné změny, které jste pozorovali ve zkumavkách.

<i>zkumavka</i>	<i>barva před reakcí</i>	<i>barva před zahřátím</i>	<i>barva po reakci</i>
<i>Pepsi Cola</i>			
<i>roztok sacharózy</i>			
<i>roztok sacharózy po hydrolyze</i>			

Úkoly:

1. Napište rovnici kyselá hydrolyzy sacharózy pomocí kyseliny fosforečné.

5.5. Pracovní list pro žáky – umělá sladidla

Umělá sladidla v kolových nápojích

Zadání:

Po prostudování obsahu sladidel v kolových nápojích, které vystupují jako bez cukru, určete pomocí reakce s ninhydrinem, zda nápoje obsahují aspartam. Své závěry si ověřte na standardech umělých sladidel s ninhydrinem.

Chemikálie:

- odbarvené vzorky kolových nápojů
- standardní látka aspartam
- standardní látka sacharin
- ninhydrin
- destilovaná voda
- ethanol

Pomůcky:

- kádinky
- trojnožka
- kahan
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- pipety
- lžičky
- třecí misky s tloučkem

Postup:

Ve třecích miskách s tloučky postupně rozdrťte 2 tablety standardu aspartamu a standardu sacharinu. Rozdrcené látky rozpustíte v 15 ml destilované vody za laboratorní teploty. Při slabém rozpouštění látky přidejte 1 ml ethanolu. Obsah zkumavek zamíchejte. Do dvou dalších zkumavek odměřte 5 ml odbarveného vzorku kolových nápojů. Poté do všech pěti zkumavek přikapejte 20 kapek ninhydrinu. Obsahy všech zkumavek promíchejte. Následně připravte horkou vodní lázeň. Zkumavky do ní umístěte. Poté pozorujte barevné změny ve zkumavkách.

Pozorování:

Do následující tabulky zapište nebo jinak vyznačte barevné změny, které jste pozorovali během experimentu.

<i>vzorky</i>	<i>barva před zahřátím</i>	<i>barva po zahřátí</i>
<i>Coca – Cola Zero</i>		
<i>Pepsi Cola Max</i>		
<i>standard aspartamu</i>		
<i>standard sacharinu</i>		

Úkoly:

1. Napište vzorec ninhydrinu.
2. Nalezněte vzorec aspartamu a sacharinu a zapište ho.
3. Zamyslete se, z jakého důvodu vychází výsledky experimentu jinak oproti teorii

5.6. Pracovní list pro žáky – regulátory kyselosti

Regulátory kyselosti v kolových nápojích

Zadání:

Ze složení výrobků odhalte, jaká látka je použita k dochucení různých druhů kolových nápojů (jako regulátor kyselosti).

Chemikálie:

- odbarvené vzorky kolových nápojů
- 3% roztok fenolu
- 5% roztok $FeCl_3$
- destilovaná voda

Pomůcky:

- kádinka
- 5 zkumavek
- stojan na zkumavky
- 2 pipety
- skleněné tyčinky

Postup:

Do kádinky připravte vodný roztok fenolu. Pro přípravu vodného roztoku odeberte 0,1 g fenolu a rozpust'te ve 20 ml destilované vody. K roztoku fenolu přikapejte 30 kapek 5% chloridu železitého. Poté do každé z pěti zkumavek odeberte 5 ml odbarveného kolového nápoje a přidejte 40 kapek připraveného Uffelmannova činidla (roztok fenolu s chloridem železitým). Následně pozorujte barevné změny v každé zkumavce po několik desítek minut.

Pozorování:

Do následující tabulky si запиšte nebo jinak vyznačte barevné změny, které jste vyzorovali z experimentu, popř. i časové rozmezí. Do posledního sloupce tabulky запиšte, o jaký druh kyseliny se podle teorie a vašich experimentálních výsledků jedná ve vašich zadaných odbarvených kolových nápojích.

<i>druh kolového nápoje</i>	<i>barva roztoku ihned po reakci</i>	<i>barva roztoku po minutách</i>	<i>druh kyseliny</i>

Úkoly:

1. Napište vzorec citronové kyseliny, vyhledejte hodnotu pK_A a výskyt kyseliny.
2. Napište vzorec kyseliny fosforečné, vyhledejte hodnotu pK_A a výskyt kyseliny.

5.7. Pracovní list pro žáky - univerzální indikátor

Univerzální indikátor vs. kolové nápoje

Zadání:

Pomocí univerzálního acidobazického indikátoru určete, o jak silné kyseliny používané pro vyladění chuti kolových nápojů se jedná. Porovnejte se standardy – zástupcem silné, středně silné a slabé kyseliny a silné a slabé zásady.

Chemikálie:

- vzorky kolových nápojů
- univerzální acidobazický indikátor
- 10% kyselina sírová
- 10% kyselina fosforečná
- 10% roztok uhličitanu sodného
- 40% roztok hydroxidu sodného
- 10% citronová kyselina
- destilovaná voda

Pomůcky:

- kádinky
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- pipety

Postup:

Do šesti zkumavek odměřte 2 ml následujících látek – roztok kyseliny sírové, kyseliny fosforečné, citronové kyseliny, destilované vody, roztoku uhličitanu sodného a roztoku hydroxidu sodného. Následně do každé zkumavky přikapejte 10 kapek univerzálního indikátoru. Pozorujte barevné změny obsahu zkumavek. Do dalších pěti zkumavek odměřte 2 ml vzorků odbarvených kolových nápojů. Následně do každé zkumavky přikapejte 10 kapek univerzálního indikátoru. Pozorujte barevné změny obsahu zkumavek.

Pozorování:

Do následujících tabulek запиšte nebo jinak zaznamenejte barevné změny ve všech zkumavkách.

<i>vzorek</i>	<i>barva roztoku po reakci</i>
<i>10% kyselina sírová</i>	
<i>10% kyselina fosforečná</i>	
<i>10% citronová kyselina</i>	
<i>destilovaná voda</i>	
<i>10% roztok uhličitanu sodného</i>	
<i>40% roztok hydroxidu sodného</i>	

<i>vzorek</i>	<i>barva roztoku po reakci</i>
<i>Coca – Cola</i>	
<i>Pepsi Cola</i>	
<i>Kofola</i>	
<i>Coca – Cola Zero</i>	
<i>Pepsi Cola Max</i>	

Úkoly:

1. Napište vzorce kyseliny sírové, kyseliny fosforečné a citronové kyseliny.
2. Napište vzorce uhličitanu sodného a hydroxidu sodného.

5.8. Pracovní list pro žáky- alkoholy**Rozlišení jednotlivých typů alkoholů pomocí vanilinosírové kyseliny****Zadání:**

Po prostudování teorie o vanilinosírové kyselině a její reakce s alkoholy určete barevné změny pro primární, sekundární a terciární alkohol. Poté určete, o jaký typ alkoholu se jedná v neznámém vzorku.

Chemikálie:

- destilovaná voda
- koncentrovaná kyselina sírová
- vanilin
- ethanol
- fenol
- propan-2-ol
- 2-methylpropan-2-ol
- neznámý vzorek

Pomůcky:

- kádinky
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- pipety
- magnetické míchadlo
- skleněné tyčinky

Postup:

Pro přípravu vanilinosírové kyseliny navažte 1 g vanilinu, který za stálého míchání rozpustíte v 50 ml koncentrované kyseliny sírové za laboratorní teploty. Poté od každého alkoholu odeberte 4 kapky do připravených zkumavek. Do každé zkumavky následně přidejte 2 ml připravené vanilinosírové kyseliny. Obsah zkumavek zamíchejte.

Následně do obsahu zkumavek přikapejte 20 kapek destilované vody. Obsah zkumavek opět promíchejte. Následně pozorujte, zda dochází k barevné změně. Pokud ne, vložte zkumavky do horké vodní lázně.

Pozorování:

Do následující tabulky si запиšte nebo jinak vyznačte barevné změny, které jste pozorovali v experimentu. Podle svých znalostí z teorie a svých výsledků z experimentu určete typ neznámého vzorku.

<i>zkumavka</i>	<i>barva před experimentem</i>	<i>barva po experimentu</i>	<i>druh alkohol</i>
<i>ethanol</i>			
<i>propan-2-ol</i>			
<i>fenol</i>			
<i>2-methylpropan-2-ol</i>			
<i>neznámý vzorek</i>			

Úkoly:

1. Rozdělte použité alkoholy do skupin primárních, sekundárních a terciárních alkoholů.

5.9. Návrh vyučovací hodiny

téma – Sacharidy

rozsah – 2 vyučovací hodiny

didaktická technika - laboratoř

pomůcky – kolové nápoje, tabule

průřezová témata – osobnostní a sociální výchova

mezipředmětové vztahy – *Výchova ke zdraví, Biologie*

FÁZE:

A. Přípravná fáze

Pedagog připraví laboratorní nádobí a chemikálie pro jednotlivé experimenty. Navíc si pedagog připraví výklad na téma sacharidy uzpůsobené vyučovací hodině

založené na experimentálních výsledcích. Například připraví vzorce pro glukózu, fruktózu, sacharózu a dále důležitá fakta o umělých sladidlech.

B. Realizační fáze

Pedagog žákům představí 3 základní příklady sacharidů – glukózu, fruktózu, sacharózu. Žáci si připraví standardy těchto sacharidů a vyzkouší na těchto vzorcích obecný důkaz sacharidů – thymolovou reakci. Pozitivní výsledek získávají ve všech standardech.

Nyní si thymolovou reakci žáci vyzkouší i na vzorcích jednotlivých kolových nápojů. S tím přichází, ale první problém pro žáky. Standardy sacharidů byly bezbarvé roztoky, ale vzorky kolových nápojů jsou obarvené barvivem – karamellem. Pedagog žáky navede na správný postup odbarvení vzorků, tj. přidat k jednotlivým vzorkům určité množství práškového aktivního uhlí. Dané roztoky nakonec přefiltrovat. Po odbarvení se žáci zaměří již na thymolovou reakci na vzorcích kolových nápojů. Díky této reakci se vzorky kolových nápojů rozdělí na 2 skupiny – vzorky obsahující sacharidy a vzorky neobsahující sacharidy. Pro další experimenty žáci budou využívat všechny vzorky kolových nápojů. Experiment je volen tak, aby si žáci uvědomili, že neexistují jen sacharidy neboli „cukry“, ale i jiná sladidla, se kterými se později seznámí.

Následující experiment se týká Fehlingovy zkoušky. Pedagog žákům uvede vzorce 3 sacharidů a to glukózy, fruktózy a sacharózy. Jejich acyklickou a cyklickou formu.

Žáci experiment provedou na standardech jednotlivých sacharidů a zároveň na vzorcích všech 5 kolových nápojů. Díky svým nabitým znalostem o mědi, redoxních reakcích a karbonylových sloučeninách by žáci měli být schopni vysvětlit princip Fehlingovy zkoušky za pomoci vzorců glukózy, fruktózy a sacharózy. Pozitivní Fehlingova zkouška bude u 2 standardů (glukóza, fruktóza), negativní u standardu sacharózy. U 3 vzorků kolových nápojů (Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola) bude výsledek rovněž pozitivní. Pokud žáci sami na princip Fehlingovy zkoušky nepřijdou, pedagog pouze správným směrem navede. Právě díky principu Fehlingovy zkoušky a výsledkům jednotlivých kolových nápojů a standardů by žáci měli objevit další problém. Tím problémem je pozitivní reakce u Pepsi Coly, která

dle tvrzení výrobce obsahuje cukr neboli sacharózu. U standardu samozřejmě Fehlingova zkouška vychází negativně.

Pedagog pro vyřešení tohoto problému žáky upozorní na ostatní látky obsažené v Pepsi Cole. Společně se žáky určí, jaká látka/ látky způsobuje/ í pozitivní Fehlingovu zkoušku, a která látka ze složení nápoje by mohla být příčinou vzniku této/ těchto látky/ látek v Pepsi Cola. Onou látkou je kyselina fosforečná, která právě sacharózu rozhydrolyzuje na její monosacharidové jednotky. Pedagog tedy naváže na výsledky experimentu a vysvětlí žákům typickou reakci pro disacharidy – kyselou hydrolyzu. Poté si žáci danou reakci (kyselou hydrolyzu) vyzkoušejí na standardu sacharózy a tím si potvrdí své hypotézy a výsledky předchozího experimentu.

Ve zbylých 2 vzorcích kolových nápojů je Fehlingova zkouška negativní. Pedagog díky tomu upozorní na možnost dalších sladidel, tzv. umělých sladidel. Upozorní také na již provedenou thymolovou reakci, že se nejedná přímo o sacharidy. Představí žákům nejznámější a nejpoužívanější umělá sladidla jako aspartam, acesulfam K, xylitol a cyklamát sodný. Nejdůležitější informací ohledně umělých sladidel je jejich vyšší sladivost, a proto se v kolových nápojích objevují v nízké koncentraci. Z tohoto důvodu je nelze v kolových nápojích dokázat ani pomocí ninhydrinové reakce, což je důkazová reakce pro aspartam.

Nejzajímavějším umělým sladidlem ve vztahu k tématu sacharidy je xylitol, což je cukerný alkohol, který již nemá redukční účinky. Opět je možné provést Fehlingovu zkoušku s negativním výsledkem. Díky tomu pedagog naváže na různé chemické reakce sacharidů, tedy například právě na redukci a oxidaci monosacharidů. A žáci by mohli sami ze vzorců látek odvodit, která funkční skupina v sacharidech má redukční účinky.

Poslední důležitou částí tématu sacharidy jsou samozřejmě polysacharidy. Na toto podtéma lze navázat díky již zmíněné kyselé hydrolyze. Hydrolyza probíhá také u škrobu, tj. navázat na téma škrob, z jakých podjednotek se škrob skládá. Zmínit, že látkou, která rozhydrolyzuje škrob, může být i amyláza v lidských ústech. Škrob se štěpí na menší oligosacharidy. Na dokončení tématu polysacharidů si žáci vyzkouší experiment s jodem, který reaguje se škrobem. Experiment je pozitivní, pokud dochází k modrému zbarvení.

5.10. Projekt – kolové nápoje

PROJEKT – KOLOVÉ NÁPOJE

Mezipředmětový projekt

Anotace:

Žáci během projektu vytvoří ve skupinách prezentace na vybrané úkoly související s kolovými nápoji.

Rozsah:

6 VH, 3 týdny/ projektový den

Didaktická technika:

počítač, internet, učebnice, laboratoř

Pomůcky:

karty na rozdělení do skupin, karty na rozdělení úkolů, kolové nápoje (Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola, Coca – Cola Zero, Pepsi Cola Max)

Průřezová témata:

mediální výchova, osobnostní a sociální výchova, výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech

Mezipředmětové vztahy:

Výchova ke zdraví, Biologie, Výtvarná výchova

Rozvíjení klíčových kompetencí:

kompetence k učení, kompetence komunikativní, kompetence k řešení problémů, kompetence sociální a personální, kompetence občanská

Výchovně – vzdělávací cíle projektu:

- Žák vyjmenuje a zhodnotí dopady potravinářských aditiv na zdraví člověka.
- Žák využívá nabídku informačních a vzdělávacích portálů, encyklopedií, knihoven a výukových programů.
- Žák využívá dostupné služby informačních sítí k vyhledávání informací, ke komunikaci, k vlastnímu vzdělávání a týmové spolupráci.
- Žák pracuje v týmu a kooperuje s členy skupiny při přípravě prezentace.

Fáze projektu:

A. PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Časový harmonogram:

- 1. vyučovací hodina – motivace, zadání práce žákům, diskuze ve skupinách, rozdělení do skupin, rozdělení úkolů (témat)
- 2. – 3. vyučovací hodina – žáci budou připravovat podklady pro prezentaci a praktickou část prezentace, využívají k tomu počítač, internet, encyklopedie, knihovny. Během vyučovací hodiny žáci realizují projekt, ve skupině diskutují, rozdělují si práci ve skupině, radí se s vyučujícím, apod. Třetí vyučovací hodina proběhne v laboratoři školy. Žáci na projektu samozřejmě pracují i mimo vyučovací hodiny ve svém volném čase.
- 4. – 5. vyučovací hodina – prezentace skupin
- 6. vyučovací hodina – hodnocení, reflexe

Vytvoření skupin:

Žáci si vylosují karty o 7 různých barvách. Podle počtu žáků ve třídě pedagog připraví optimální množství žáků do skupin.

Např. 30 žáků ve třídě – 7 skupin = dvě skupiny po pěti, pět skupin po čtyřech

Rozdělení rolí ve skupině:

Pedagog určí koordinátora skupiny, který přidělí role ostatním členům skupiny.

Role ve skupině:

- 1) *koordinátor* – jeho úkolem je dbát, aby se do práce zapojovali všichni členové, udržuje skupinu pohromadě a hlídá směr práce
- 2) *informátor* – jeho úkolem je vyhledávat materiály a informace
- 3) *realizátor* – jeho úkolem je shánět pomůcky a je orientován více na praktickou část projektu
- 4) *mluvčí, zapisovatel* – jeho úkolem je zaznamenávat informace a odpovědi, zpracovávat písemný vzhled prezentace

V případě vícečlenné skupiny se nějaké role zdvojí, např. informátor nebo realizátor.

Úkoly pro jednotlivé skupiny:

- vytvořit plakát nebo papírovou prezentaci na jedno z témat:
 1. Barvivo kolových nápojů
 2. Kyselina fosforečná v kolových nápojích
 3. Citronová kyselina v kolových nápojích
 4. Sacharidy v kolových nápojích
 5. Umělá sladidla v kolových nápojích
 6. Množství umělých sladidel v kolových nápojích (ninhedrin)
 7. Sacharidy v kolových nápojích (thymol)
- další požadavky: plakát nebo papírová prezentace by měla obsahovat relevantní fakta, příklady, obrázky a použité zdroje
- časově omezený výstup: 10 minut

B. REALIZAČNÍ FÁZE

Úvodní hodina – MOTIVACE

Video – potravinářská éčka:

<https://www.youtube.com/watch?v=VYk-HwmD-Lw> ⁽⁴⁵⁾

Diskuze ve skupině:

Nejprve diskutujte ve dvojicích nad následujícími otázkami a odpovědi si stručně zaznamenejte:

- *Proč se používají potravinářská aditiva?*
- *Co je na nich pozitivní?*
- *Co je na nich naopak negativní?*

Následuje společná diskuze třídy. Na tabuli se zapisují zajímavé odpovědi pod jednotlivé otázky (podobnost s „brainstorming“). Následně pedagog seznámí žáky s úkolem, požadavky a časovým harmonogramem. Poté dojde k vytvoření skupin pomocí losování a koordinátor rozdělí role ve skupině.

Další vyučovací hodiny:

Žáci zadané úkoly zpracovávají samostatně ve skupinách částečně při hodinách, částečně mimo hodiny. Jedna vyučovací hodina bude poskytnuta žákům možnost pracovat v laboratoři chemie. Po celou dobu projektu mají žáci k dispozici literaturu,

internetové zdroje a rady pedagoga, pokud o ně požádají. Pedagog kontroluje jednotlivé skupiny a jejich práci, připomínkuje práci a popřípadě povzbuzuje jednotlivce.

C. HODNOTÍCÍ FÁZE

Prezentace skupin (2 vyučovací hodiny)

Každá skupina v 10 minutách prezentuje svoji práci, své zpracování a výsledky praktické části. Po výstupu je prostor na dotazy a krátký komentář učitele.

Závěrečné shrnutí, hodnocení, reflexe (1 vyučovací hodina)

Krátké hodnocení jednotlivých skupin pedagogem

Reflexe skupinové práce :

- *Jak se vám pracovalo ve skupině?*
- *Co vás nejvíce bavilo, zaujalo?*
- *Naopak co vás nejméně bavilo?*
- *Jaká byla práce ve skupině?*
- *Jak vám vyhovovala role, kterou jste dostal?*
- *Zapojovali se do prezentace všichni stejnou mírou?*

Úkol:

Napište do sešitu 8 vět o celé práci skupiny, co vám tento projekt přinesl nového, co jste se naučili a dozvěděli.

Učitel si na konci hodiny sešity vybere. Přečte si komentáře žáků a provede reflexi projektu.

6. DISKUZE

V této části práce se nachází okomentovaná fakta, zjištění a výsledky, zkušenosti a problémy, které v průběhu práce nastaly.

6.1. Diskuze k teoretické části

Hlavní část diplomové práce byla věnována aditivním látkám v kolových nápojích. Z tohoto důvodu byla teoretická část shrnutím teorie o aditivních látkách běžně používaných v potravinách. Informace byly čerpány z odborné literatury a článků. Pro úplnost tématu jsou zmíněny všechny základní typy aditivních látek s tím, že podrobněji jsou zmíněna fakta o aditivních látkách související s tématem diplomové práce.

Teoretická část tak nabízí pedagogům (popř. žákům) ucelený studijní text o aditivních látkách a je jen na pedagogovi, jakou část studijního textu využije pro výuku různých témat *Chemie*, např. sladidla, anorganické kyseliny, organické přírodní hydroxykyseliny aj. Text je vhodný nejen jako teoretický podklad pro výuku *Chemie*, ale i dalších předmětů, např. *Biologie* (glykemický index, cukrovka) a *Výchovy ke zdraví* (zdravá strava, cukrovka, obezita).

Teoretická část je obsáhlý text, jehož cílem není to, aby se žáci naučili vše, co obsahuje. Naopak ale v případě vyššího zájmu žáka o dané téma může pedagog danou teoretickou část poskytnout žákovi celou jako studijní text. Pro ostatní žáky by studijní text měl poskytnout informaci, že velké množství anorganických či organických látek zmiňovaných během vyučování může být používána výrobci potravin jako aditivum.

Výše zmíněné téma o aditivních látkách bylo vhodně experimentálně propojeno s acidobazickými indikátory. V teoretické části je proto zmínka také o jednom z univerzálních acidobazických indikátorů.

Velká část diplomové práce je zaměřena na kolové nápoje. Téma nealkoholických slazených nápojů bylo rozšířeno také o alkoholické nápoje, které v nedávné době poznamenala methanolová kauza. Obsah kapitoly je věnován vlastnostem methanolu a jeho účinkům na lidské zdraví.

Tuto část práce lze využít opět nejen ve výuce *Chemie*, ale například i při výuce *Biologie* nebo *Výchovy ke zdraví*.

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout a ověřit nové, resp. inovativní experimenty. Experimenty lze využít ve výuce za použití různých didaktických přístupů, kterým je věnována poslední kapitola teoretické části.

6.2. Diskuze k experimentální části

Každá experimentální činnost je spojena vždy s úspěchy i neúspěchy. Neúspěchy se bohužel nevyhnuly ani experimentální části této diplomové práce. Z počátku bylo spoustu nápadů na další experimenty spojené s potravinami, nápoji nebo drogistickými výrobky, které byly zkoušeny, některé i vícekrát, ale bohužel bez úspěchu. Nápady tedy zůstaly jen nápady.

Výsledné úspěšné experimenty souvisí s kolovými nápoji, resp. sladidly v kolových nápojích a regulátory kyselosti. Dalším úspěšným tématem experimentů jsou experimenty s alkoholy a jejich možné rozlišení.

Prvním impulzem pro experimentování s kolovými nápoji byl pamlskový zákon, neboli zákaz prodeje slazených potravin a nápojů ve školách žákům mladším 15-ti let. Nejoblíbenějším nealkoholickým nápojem je pro žáky rozhodně Coca – Cola nebo Pepsi Cola. V České republice se prodává více značek pod označením kolové nápoje. Na experimentování bylo použito jen následujících 5 konkrétních nápojů: Coca – Cola, Pepsi Cola, Kofola, Coca – Cola Zero a Pepsi Cola Max.

Prvním větším problémem při experimentování s těmito typy nápojů je jejich barva způsobená karamelem E-150d. Při experimentální činnosti je pro lepší viditelnost barevných změn důkazových a dalších reakcí látek obsažených v roztocích kolových nápojů pracovat se vzorky zbavenými barviva. Úspěšné odbarvení se provádí práškovým aktivním uhlím, kterého je ovšem potřeba větší množství (viz. experimentální část, kapitola 4.1., str. 59 - 60).

Jedním typem z aditivních látek, kterými se liší jednotlivé druhy kolových nápojů, jsou sladidla, což je často veřejně diskutované téma. Výrobci používají jednak sacharidy (glukózo-fruktózový sirup, sacharózu) tak i umělá sladidla (aspartam, acesulfam K, cyklamát sodný). U těchto pěti vzorků kolových nápojů lze využít obecné důkazové reakce na přítomnost sacharidů ve vzorku (viz. teoretická část, kapitola 3.1.2.2.1.4. důkazové reakce, str. 22 - 27). Vybranou důkazovou reakcí na přítomnost sacharidů ve vzorcích kolových nápojů byla thymolová reakce. Pozitivní výsledek byl u 3 typů kolových nápojů, který se projevil barevnou změnou roztoku z bezbarvé

na růžovočervenou (viz. příloha str. P4, Obr. 99). Výsledky experimentu korespondují se složením látek uváděných na obalech kolových nápojů, tedy přítomnost sacharidů.

V návaznosti na předchozí experiment bylo vhodné se zabývat tím, jaké konkrétní sacharidy jsou přítomné v kolových nápojích. Pro úplnost byly k experimentu použity všechny druhy zkoumaných kolových nápojů. Výrobci k oslazení kolových nápojů používají ze sacharidů glukózo-fruktózový sirup (Coca – Cola, Kofola) a sacharózu (Pepsi Cola, Kofola). Glukózo-fruktózový sirup je směs glukózy a fruktózy, tedy dvou redukujících monosacharidů. Oproti tomu sacharóza je neredukující disacharid. Na rozlišení redukujících a neredukujících sacharidů je vhodná Fehlingova zkouška, kdy u redukujících sacharidů dochází k redukci modrých měďnatých kationtů na oranžovočervené měďné kationty (viz. teoretická část, kapitola 3.1.2.2.1.4. důkazové reakce, str. 25 - 27)

Výsledek Fehlingovy zkoušky byl v jednom případě v rozporu se složením výrobku, kdy výrobce uvádí použití sacharózy k oslazení nápoje. Fehlingova zkouška v tomto případě vyšla pozitivní stejně jako v případě dvou výrobků obsahující glukózo-fruktózový sirup. Stejný experiment byl následně proveden se standardem sacharózy, kdy Fehlingova zkouška skutečně vyšla negativní, což odpovídá teorii (viz. příloha str. P5, Obr. 100). Výsledky experimentu vedly k myšlence, že sacharóza obsažená v kolovém nápoji již musí být rozhydrolyzována na své monosacharidové jednotky – glukózu a fruktózu, které již mají redukční účinky na rozdíl od sacharózy a tedy dávají pozitivní Fehlingovu zkoušku. Byla hledána odpověď na otázku, která látka v Pepsi Cole způsobila hydrolýzu sacharózy. Po prozkoumání složení látek v Pepsi Cole byla tato otázka zodpovězená, jedná se o kyselinu fosforečnou.

Tento fakt byl potvrzen dalším experimentem se standardem sacharózy. K roztoku sacharózy byla přidána kyselina fosforečná. Vzorek byl dán do horké vodní lázně na dobu 5 minut. Po zneutralizování reakční směsi hydroxidem sodným a vychladnutím byla na tomto vzorku provedena také Fehlingova zkouška. Výsledek byl v tomto případě pozitivní, což vysvětluje předchozí „falešně“ pozitivní výsledek (viz. příloha str. P6, Obr. 101). Pro úplnost tohoto tématu byla hydrolýza sacharózy provedena také s citronovou kyselinou, která se používá jako regulátor kyselosti v Kofole.

Ve zbylých dvou nápojích (Coca – Cola Zero, Pepsi Cola Max) výrobci používají k vyladění chuti umělá sladidla (aspartam, acesulfam K, cyklamát sodný). Pro tyto

vzorky kolových nápojů byla Fehlingova zkouška negativní. Vzhledem k výrazně vyšší sladivosti umělých sladidel oproti sacharidům zmíněné kolové nápoje obsahují malé množství těchto látek. Proto byly sehnány standardy umělých sladidel (2 vzorky aspartamu, sacharin). Dalším v potravinářství používaným umělým sladidlem je xylitol. Protože xylitol je cukerný alkohol a je ho možné sehnat v běžné obchodní síti, vhodně doplní téma redukujících a neredukujících sacharidů. S roztokem standardu aspartamu a xylitolu byla rovněž provedena Fehlingova zkouška, která vyšla pozitivní pouze v případě aspartamu, u kterého zřejmě dochází k redukci karboxylové kyseliny.

Pozitivní výsledek Fehlingovy zkoušky u glukózo-fruktózového sirupu, hydrolyzátu sacharózy a negativní výsledek u xylitolu lze využít k vysvětlení, že redukující funkční skupinou sacharidů je karbonylová skupina, resp. volný poloacetalový hydroxyl.

Téma sladidel bylo doplněno navíc o důkazovou reakci aspartamu pomocí reakce s ninhydrinem (viz. experimentální část, kapitola 4.4. , str. 67 - 69). Reakce byla provedena na vzorku Coca – Cola Zero, Pepsi Cola Max, 2 zakoupených umělých sladidel obsahující aspartam a umělého sladidla sacharinu, resp. jejich vodných roztocích. Pozitivní výsledek, fialovomodré zbarvení, se projevil pouze u zakoupených umělých sladidel obsahující aspartam (viz. příloha str. P7, Obr. 102). V případě kolových nápojů byl výsledek negativní z důvodu nízké koncentrace aspartamu. Stejně negativní výsledek byl v případě roztoku sacharinu.

Druhým typem aditivních látek, kterými se liší kolové nápoje, resp. chuť kolových nápojů, jsou použité regulátory kyselosti. Výrobci používají kyselinu fosforečnou (Coca – Cola, Pepsi Cola, Coca – Cola Zero, Pepsi Cola Max) a citronovou kyselinu (Kofola). Na rozlišení těchto dvou kyselin je vhodná Uffelmannova zkouška. Tato reakce je popsána na portálu PřF UK pro podporu výuky *Chemie* na ZŠ a SŠ (www.studiumchemie.cz).⁽⁴⁶⁾ Tato reakce se používá pro důkaz hydroxykyselin, kdy dochází k odbarvení původně fialového roztoku na žlutý roztok (viz. experimentální část, kapitola 4.5. kyselina fosforečná x citronová kyselina v kolových nápojích, str. 69 - 72). Při reakci Uffelmanna činidla, což je roztok fenolu s chloridem železitým, dochází ke vzniku ve vodě nerozpustného fosforečnanu železitého. Vytváří se a časem usazuje nažloutlá sraženina ⁽⁴⁴⁾ (viz. příloha str. P8, Obr. 103). V tomto případě výsledky zcela odpovídají látkám, které výrobce používá na dochucení kolových nápojů a uvádí je ve složení svých výrobků.

Na webovém portálu (www.studiumchemie.cz)⁽⁴⁶⁾ není uvedena přesná koncentrace Uffelmanna činidla, což způsobilo několik negativních výsledků, proto bylo zkoušeno několik rozdílných koncentrací fenolu v 5% roztoku chloridu železitého. Pozitivní výsledky poskytuje činidlo, které je připraveno z 0,1 g fenolu rozpuštěného ve 20 ml destilované vody, ke kterému bylo přikapáno 30 kapek 5% chloridu železitého.

Následující experiment byl inspirován „babskou“ radou, že kolové nápoje jsou vhodným čisticím prostředkem na zbavení vodního kamene např. na sanitární keramice. Není překvapením, že onou účinnou látkou je kyselina fosforečná, resp. citronová kyselina, která je rovněž součástí mnoha prodáváných čisticích prostředků pro domácnost. Experiment je zacílen na prokázání síly těchto dvou kyselin. K tomu byl zvolen univerzální acidobazický indikátor (viz. teoretická část, kapitola 3.2. univerzální indikátor, str. 47 - 48). Barevné změny univerzálního acidobazického indikátoru (viz. příloha str. P9, Obr. 104) byly vyzkoušeny na roztocích standardu (10% kyselina sírová, 10% kyselina fosforečná, 10% citronová kyselina, destilovaná voda, 10% roztok uhličitanu sodného, 40% roztok hydroxidu sodného). Hydroxid sodný byl použit o vyšší koncentraci z důvodu, že v 10% roztoku hydroxidu sodného se univerzální acidobazický indikátor barvil do fialova. Díky barevným změnám univerzálního acidobazického indikátoru lze rozlišit sílu jednotlivých kyselin. Podle barevných změn univerzálního acidobazického indikátoru ve vzorcích odbarvených kolových nápojů (viz. příloha str. P10, Obr. 105) a porovnáním s barevnými změnami univerzálního acidobazického indikátoru na vzorcích standardů lze usuzovat, že obě kyseliny používané jako regulátory kyselosti v kolových nápojích, jsou středně silné kyseliny.

Prvním impulzem pro práci s alkoholy byl Lucasův test na rozlišení alkoholů, který experimentálně nevyhází pokaždé tak, jak má. Druhým impulzem pro téma alkoholy byl nápad propojit běžný život s experimentální činností. U alkoholů se nabízí propojit zde experimentální činnost s již proběhlou methanolovou kauzou. Inspirace na experiment s alkoholy byla převzata z odborné literatury.⁽⁴⁷⁾ Postup a množství jednotlivých chemikálií experimentu muselo být upraveno. Výsledky experimentu na alkoholech byly pozitivní (viz. příloha str. P11 – P12, Obr. 106). Experimentem lze barevně rozlišit methanol od ethanolu a dalších typů alkoholů, ale nelze tento experiment přímo použít na zjištění množství methanolu v alkoholických nápojích. Tento fakt je dán barevnými změnami methanolu a ethanolu při reakci. Methanol se reakcí

barví do žluta, naopak ethanol se reakcí barví do zelena. Pokud tedy alkoholický nápoj obsahuje methanol, tak barevná změna ethanolu překryje barevnou změnu methanolu.

Experiment byl proveden i na dalších typech alkoholů, jako například propan-1-ol, propan-2-ol, fenol, butan-2-ol, 2-methylpropan-2-ol a 3-methylbutan-1-ol. Jsou tedy využity 3 typy alkoholů – primární, sekundární a terciární.

Problémem v tomto experimentu jsou podobné barevné změny pro sekundární alkoholy. Na první pohled může pozorovateli připadat barva naprosto stejná. Po delší době se barvy rozliší, popř. proti světlu jsou viditelné rozdíly. Nelze tento experiment využít jako náhradu Lucasova testu na rozlišení jednotlivých typů alkoholů. Proto bylo těchto výsledků využito pro návrh laboratorní práce tak, že žáci pracují se standardem primárního, sekundárního, terciárního a aromatického alkoholu a jedním neoznačeným vzorkem, který je jedním z použitých standardů. Na základě výsledků experimentu barevných změn, žáci poté určí, jaký alkohol se skrývá pod označením neznámý vzorek.

6.3. Diskuze k pracovním listům

Hlavním tématem diplomové práce jsou experimenty jako nedílná součást výuky chemie. Proto mimo návrhů postupů nových experimentů bylo cílem práce vytvořit pracovní listy pro žáky, resp. pedagogy na laboratorní cvičení. Součástí kapitoly pracovních listů je i návrh vyučovací hodiny na téma sacharidy (viz. pracovní listy, kapitola 5.9., str. 90 - 92) a projektu na téma kolové nápoje (viz. pracovní listy, kapitola 5.10., str. 93 - 96).

Všechny pracovní listy pro experimenty lze využít nejen při normální laboratorní práci, ale také při jiném didaktickém přístupu k hodině. V dnešní době se nejvíce diskutuje o projektové výuce, experimentální výuce a badatelsky orientované výuce.

V prvním případě se jedná o metodu, která má jediný cíl. Žáci si na postup a závěry experimentů musí přijít sami. Stejný cíl má i badatelsky orientovaná výuka. Pedagog žákům nejprve poskytuje studijní text o aditivních látkách. Na další hodině pedagog předloží žákům úkol, aby potvrdili jednotlivé aditivní látky v kolových nápojích. Díky znalostem z teorie o aditivních látkách a složení látek používaných výrobcem k barvení a jejich vlastnímu logickému uvažování se pokusí úkol vyřešit. Během celého experimentu je pedagog vnímán jako průvodce či pomocník. Žáci si vymýšlí vlastní postup. Experiment s vlastním postupem provedou a učiní závěry. Po samostatné práci žáka přichází na řadu práce skupinová, kdy žáci sdělují své závěry

ostatním. Zapisují si veškeré zpozorované informace. Na závěr se opět projevuje pedagog, který díky předchozímu pokusu vyzkoušeného žáky sjednotí informace a poznatky o aditivních látkách.

Experimentální výuka je další metodou, která má rozdílný postup oproti předchozím metodám. Nejprve dochází k frontální výuce teorie pedagogem, popřípadě jiným vyučovacím stylem. Žáci si následovně své nabitě teoretické znalosti ověřují pomocí experimentů, pokusů a laboratorních cvičení. Tato metoda je méně časově náročná a také méně technicky náročná. Žáci mají stanovený postup experimentu, jen si své znalosti prohlubují právě pomocí experimentu.

Pro projektovou výuku i pro metodu IBSE je možné využít všechny druhy kolových nápojů díky zkoumání jejich složení. Kolové nápoje obsahují rozdílné sacharidy (glukóza, fruktóza, sacharóza), různá umělá sladidla (aspartam, acesulfam K, cyklamát sodný) a různé regulátory kyselosti (kyselina fosforečná, citronová kyselina). K experimentům může pedagog využít i standardy látek. Žáci budou moci porovnávat výsledky vzorků kolových nápojů a výsledky experimentů se standardy látek, odvozovat principy a řešit problémy, které během jejich práce nastanou.

7. ZÁVĚR

Předem dané cíle diplomové práce byly splněny.

- ✓ Byl sepsán studijní text o aditivních látkách.
- ✓ Bylo navrženo celkem 7 pokusů, 1 pokus se týká alkoholů a zbylých 6 pokusů se týká kolových nápojů.
- ✓ Byly experimentálně ověřeny navržené experimenty.
- ✓ Byly vytvořeny pracovní listy na laboratorní práce a projekt na téma kolové nápoje.
- ✓ Bylo navrženo zařazení experimentů do výuky chemie na SŠ.

Věřím, že tato diplomová práce je přínosem k experimentální výuce *Chemie* na středních a základních školách. Výsledky této diplomové práce nabízí pedagogům možnost pojmout výuku celého tématu sacharidů badatelským způsobem, práci s běžně dostupným a levným materiálem, jako jsou kolové nápoje, umělá sladidla a další. Experimenty nejsou náročné časově, na vybavení laboratoře ani složité na vlastní laboratorní činnost žáků. Pomocí experimentů se žáci seznámí s dělením sacharidů podle počtu monosacharidových jednotek, podle redukujících účinků, seznámí se se základními reakcemi týkající se sacharidů (oxidace, redukce, hydrolýza). Navíc má pedagog možnost propojit téma s umělými sladidly, které se přidávají do nejrůznějších potravin. Experiment s alkoholy může obohatit experimentální výuku tématu alkoholů, zde se nabízí možnost zmínky a upozornění na metanolovou kauzu, která se týkala nás všech,

Záleží jen na učitelích jak navržené a ověřené experimenty využijí ve své praxi. Vytvořené náměty budou zveřejněny na webovém portálu www.studiumchemie.cz.

8. LITERATURA

1. <http://www.msmt.cz> – *Pamlskový zákon* [online]. Praha [cit. 2017-05-12]. Dostupné z URL: <<http://www.msmt.cz/ministerstvo/novinar/pamlskova-zacneplatit-20-zari-2016>>
2. VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J.: *Chemie potravin II.* 3.vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 644s. ISBN 978-80-86659-16-9.
3. KRŇÁVKOVÁ, M. *Energetické nápoje v současné výživě.* Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.
4. ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M.: *Chemie potravin.* Brno: MIKADAPRESS s.r.o., 2006. ISBN 80-7013-435-6.
5. <http://www.kaloricke-tabulky.cz> - *Glykemický index* [online]. Praha [cit. 2017-02-24]. Dostupné z URL: <<http://www.kaloricke-tabulky.cz/temata/show/glykemicky-index-gi/18/>>
6. <http://www.psmorfeus.com> – *Sacharidy* [online]. Praha [cit. 2017-02-23]. Dostupné z URL: <<http://www.psmorfeus.com/docs/vyziva/Sacharidy.ppt>>
7. VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J.: *Chemie potravin I.* Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
8. <http://www.margit.cz/> - *Cukr a zdravé alternativy* [online]. Praha [cit. 2017-01-07]. Dostupné z URL: <<http://www.margit.cz/cukr-a-zdrave-alternativy>>
9. <http://www.svet-zdravi.cz> – *Dejte si pozor na glukózo-fruktózový sirup* [online]. Praha [cit. 2017-01-07]. Dostupné z URL: <<http://www.svet-zdravi.cz/clanky/dejte-si-pozor-na-glukozo-fruktozovy-sirup>>
10. <http://www.bezpecnostpotravin.cz> – *Seznam E-kódů* [online]. Praha [cit. 2017-02-24]. Dostupné z URL: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/4_Seznam%20PA.pdf>
11. <http://www.folkbiche.wz.cz> – *Důkazy cukrů* [online]. Praha [cit. 2017-02-25]. Dostupné z URL: <<http://www.folkbiche.wz.cz/analyza-cukru.pdf>>

12. <http://www.studiumchemie.cz> – *Thymolová reakce* [online]. Praha [cit. 2017-02-25]. Dostupné z URL: <<http://www.studiumchemie.cz/pokus.php?id=182>>
13. <http://chemistry.ujep.cz> – *Důkazy cukrů* [online]. Praha [cit. 2017-02-25]. Dostupné z URL: <http://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Biochemicka_cviceni_opora.pdf>
14. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Sorbitol* [online]. Praha [cit. 2017-02-25]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E420>>
15. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Xylitol* [online]. Praha [cit. 2017-02-26]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E967>>
16. <http://www.biochemicka.cz> – *Glukózo-fruktózový sirup* [online]. Praha [cit. 2017-01-03]. Dostupné z URL: <<http://www.biochemicka.cz/clanek-29/glukozo-fruktozovy-sirup-gf-sirup>>
17. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Acesulfam K* [online]. Praha [cit. 2017-02-26]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E950>>
18. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Aspartam* [online]. Praha [cit. 2017-02-26]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E951>>
19. <http://galenus.cz/> - *Aspartam* [online]. Praha [cit. 2017-04-25]. Dostupné z URL: <<http://galenus.cz/clanky/vyziva/aditiva-aspartam>>
20. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Cyklamáty* [online]. Praha [cit. 2017-02-26]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E952>>
21. <http://www.zdravapotravina.cz> - *Sacharin* [online]. Praha [cit. 2017-04-02]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E954>>
22. <http://www.bezpecnostpotravin.cz> - *Sukralóza* [online]. Praha [cit. 2017-04-02]. Dostupné z URL: <<http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92137.aspx>>
23. <http://www.eufic.org/article/cs> - *Regulátory kyselosti* [online]. Praha [cit. 2017-01-07]. Dostupné z URL: <<http://www.eufic.org/article/cs/artid/regulatory-kyselosti/>>
24. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Kyselina citronová* [online]. Praha [cit. 2017-04-02]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E330>>

25. <http://www.zdravapotravina.cz> – *Kyselina fosforečná* [online]. Praha [cit. 2017-04-02]. Dostupné z URL: <<http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E338>>
26. <https://en.wikipedia.org> – *Universal indicator* [online]. Praha [cit. 2017-04-20]. Dostupné z URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_indicator>
27. <https://www.prirodovedci.cz> – *Indikátorové papírky* [online]. Praha [cit. 2017-04-20]. Dostupné z URL: <<https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/167>>
28. <http://tn.nova.cz/clanek> - *33 mrtvých, 61 obviněných a miliardová ztráta* [online]. Praha [cit. 2017-01-07]. Dostupné z URL: <<http://tn.nova.cz/clanek/zpravy/ekonomika/33-mrtvych-61-obvinenych-a-miliardova-ztrata.html>>
29. <http://www.pentachemicals.eu> – *Bezpečnostní list methanolu* [online]. Praha [cit. 2017-04-12]. Dostupné z URL: <http://www.pentachemicals.eu/bezp_listy/m/bezplist_71.pdf>
30. <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz> – *Prevence úrazu a otravu methanolu* [online]. Praha [cit. 2017-04-12]. Dostupné z URL: <<http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/prevence-urazu-otrav-a-nasili/administrace/clankyfile/20120505111535351684.pdf>>
31. <http://www.mpo.cz> – *Sbírka zákonů České Republiky* [online]. Praha [cit. 2017-05-13]. Dostupné z URL: <<http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/26245/40816/486196/priloha003.pdf>>
32. www.mzcr.cz/ - *Vývoj událostí v ČR* [online]. Praha [cit. 2017-01-09]. Dostupné z URL: <www.mzcr.cz/Soubor.ashx?souborID...Vývoj%20událostí%20v%20září%202012>
33. www.mzcr.cz/ - *Případy otrav methanolem v Norsku a Estónsku* [online]. Praha [cit. 2017-01-09]. Dostupné z URL: <www.mzcr.cz/Soubor.ashx?...Případy%20otrav%20metanolem%20v%20Norsku%20a>
34. OPATOVÁ, M. *Chemické experimenty s přírodními látkami se zaměřením na vzdělávání*. Praha, 2014. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra učitelství a didaktiky chemie.

35. <http://www.postoloprty.cz> – *Experimentální výuka* [online]. Praha [cit. 2017-05-03]. Dostupné z URL: <<http://www.postoloprty.cz/experimentalni-vyuka-ii/d-6983/p1=2873>>
36. ŠULCOVÁ, R., PISKOVÁ, D.: *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*. 1.vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2008. ISBN 978-80-86561-66-0
37. PETRILÁKOVÁ, M., ZÁMEČNÍKOVÁ, V.: *Výuka chemie pomocí badatelsky orientovaného vyučování*. In: *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie/přírodovědné a technologické vzdělávání pro XXI. století*. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, 2014.
38. www.msmt.cz – *RVP G* [online]. Praha [cit. 2017-05-03]. Dostupné z URL: <www.msmt.cz>
39. <http://www.bezpecnostpotravin.cz> – *Hodnocení bezpečnosti karamelu* [online]. Praha [cit. 2017-02-19]. Dostupné z URL: <[http://www.bezpecnostpotravin.cz/hodnoceni-bezpecnosti-karamelu-\(potravinarskych-barviv\).aspx](http://www.bezpecnostpotravin.cz/hodnoceni-bezpecnosti-karamelu-(potravinarskych-barviv).aspx)>
40. MACH, J., PLUCKOVÁ, I., ŠIBOR, J.: *Chemie – Úvod do obecné a anorganické chemie*. Nová škola s.r.o., 2013. ISBN 978-80-7289-448-2.
41. <http://www.studiumchemie.cz> – *Molischova zkouška* [online]. Praha [cit. 2017-02-23]. Dostupné z URL: <<http://www.studiumchemie.cz/pokus.php?id=182>>
42. <http://www-biochemicka.cz> – *Glukózo-fruktózový sirup* [online]. Praha [cit. 2017-01-03]. Dostupné z URL: <<http://www-biochemicka.cz/clanek-29/glukozo-fruktozovy-sirup-gf-sirup>>
43. NANTACHIT, K., PUTIYANAN, S., PHOOWIANG, P.: *Identification and determination methods of aspartame*. Thailand: Chiang Mai University. [online]. Praha [cit. 2017-02-23]. Dostupné z URL: <<http://thailand.digitaljournals.org/index.php/TPHSJ/article/download/18632/17953>>
44. <http://cs.wikipedia.org> – *Železo* [online]. Praha [cit. 2017-05-15]. Dostupné z URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/železo>>
45. <https://www.youtube.com> – *Potravinářská aditiva* [online]. Praha [cit. 2017-05-13]. Dostupné z URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=VYk-HwmD-Lw>>

46. *www.studiumchemie.cz – Uffelmannova reakce* [online]. Praha [cit. 2016-11-16].
Dostupné z URL: <<http://www.studiumchemie.cz/pokus.php?id=193>>
47. STEIN, I.: *Jednoduché pokusy z organickej chemie*. Bratislava: Slov. vydav. techn. lit., 1956.

9. ZDROJE OBRÁZKŮ

- Obr. 5** – <http://www.bylinkyprovsechny.cz/byliny-kere-stromy/kere/41-bez-cerny-cerny-bez-ucinky-na-zdravi-co-leci-pouziti-uzivani-vyuziti> [cit. 2017-02-21]
- Obr. 6** – <http://www.ueb.cas.cz/cs/content/horka-spasa> [cit. 2017-02-21]
- Obr. 7** – <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/guide-to-growing-your-own-aloe-vera/> [cit. 2017-02-21]
- Obr. 10** – <http://www.rehabilitace.info/vyziva-a-jidlo/jablka-a-zdravi-nepodcenujte-toto-super-ovoce/> [cit. 2017-02-23]
- Obr. 11** – <http://www.ceskestavby.cz/rostliny/tresen/> [cit. 2017-02-23]
- Obr. 12** – <http://www.lidovky.cz/datle-prekvapi-zkuste-5-nej-receptu-duk-/dobra-chut.aspx?c> [cit. 2017-02-23]
- Obr. 15** – <http://www.ordinace.cz/clanek/cibule-cepa/> [cit. 2017-02-24]
- Obr. 16** – <http://ovocedoskol.szif.cz/web/default.aspx?id=40&ovoce=RAJ%u010cE> [cit. 2017-02-24]
- Obr. 17** – <http://www.igurmet.cz/rady-navody/52-zeli-aby-nebylo-pri-vareni-citit/> [cit. 2017-02-24]
- Obr. 20** – <http://cz.depositphotos.com/42442301/stock-photo-sugarcane-plants.html> [cit. 2017-02-24]
- Obr. 21** – <http://www.ozahradach.cz/2013/ovoce-a-zelenina/kukurici-cukrovou-nemusite-pestovat-jen-ve-velkem.html> [cit. 2017-02-24]
- Obr. 22** – <http://www.lidovky.cz/merunky-do-knedliku-i-na-dzem-jak-je-loupat-fix-/dobra-chut.aspx?c> [cit. 2017-02-24]
- Obr. 24** – http://www.studiumchemie.cz/databaze_pokusu/img/Molisch_2.jpg [cit. 2017-02-25]
- Obr. 25** – http://www.studiumchemie.cz/databaze_pokusu/img/Molisch_6.jpg [cit. 2017-02-25]
- Obr. 36** – <http://florafaunaweb.nparks.gov.sg/Special-Pages/plant-detail.aspx?id=2504> [cit. 2017-02-25]
- Obr. 40** – <http://www.ricola.com/en-gb> [cit. 2017-02-26]

- Obr. 41** – <http://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/2001013348705>
[cit. 2017-02-26]
- Obr. 42** – <http://www.zdravapotravina.cz/jemne-pecivo/buchty-s-naplni-tvarohovou-dk-open> [cit. 2017-02-26]
- Obr. 44** – <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=4378> [cit. 2017-02-26]
- Obr. 45** –
http://stoppalmovemuoleji.rajce.idnes.cz/Bezne_vyrobky_s_palmovym_olejem_potravinny_mlece_vyrobky/?insert=1&bgcolor=ffffff [cit. 2017-02-26]
- Obr. 46** – <http://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/20011200144887>
[cit. 2017-02-26]
- Obr. 48** – <http://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/2001007087221>
[cit. 2017-02-26]
- Obr. 49** – <http://www.zdravapotravina.cz/susenky/bebe-dobre-rano-diabeticke>
[cit. 2017-02-26]
- Obr. 50** – <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/jidlo-strava/co-presne-znamena-oznaceni-light-na-potravinach> [cit. 2017-02-26]
- Obr. 52** – http://www.dtest.cz/img/thumb/32402_4f886beb6f.jpg?1367326476
[cit. 2017-04-02]
- Obr. 53** – <http://cdn.kosik.cz/kontent/product/jpg/detail/2286.jpg> [cit. 2017-04-02]
- Obr. 54** – http://secure.icescoassets.com/assets/CZ/548/8595011107548/ShotType1_328x328.jpg
[cit. 2017-04-02]
- Obr. 57** – <http://tuchlovacek.rede.cz/napoje/731-kofola-original-2I-8594003849602.html> [cit. 2017-04-02]
- Obr. 58** – http://secure.icescoassets.com/assets/CZ/828/8590014821828/ShotType1_328x328.jpg
[cit. 2017-04-02]
- Obr. 59** – http://img3.ecka.info/foto/767/81767_600~enhmEI.jpg [cit. 2017-04-02]
- Obr. 61** – <http://www.jaso.cz/juice-limo-a-ovocne-napoje-coca-cola-katskup40308.php>
[cit. 2017-04-02]

- Obr. 62** – <http://www-zdravapotravina.cz/trvanlive-pecivo/7days-double-croissant-kakao-kokos-chipita-poland-sp-z-o-o> [cit. 2017-04-02]
- Obr. 65** – <http://www.partypomoc.cz/cs/energeticke-napojje/> [cit. 2017-04-06]
- Obr. 66** – <http://www.vseovareni.cz/recepty/tonic-s-becherovkou/> [cit. 2017-04-06]
- Obr. 75** – <http://www.alkoholesence.cz/alkoesence-cz/eshop/4-1-Prislusensvi/0/5/661-Indikatorove-papirky-100-kusu> [cit. 2017-04-20]
- Obr. 87** – <http://www.novinky.cz/krimi/283501-v-lahvich-s-etiketou-likerky-drak-byl-nalezen-technicky-lih.html> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 88** – <http://www.novinky.cz/krimi/282141-smrtici-metanol-nasli-v-dalsi-lihovine-z-likerky-drak-tentokrat-ve-vodce.html> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 89** – <http://www.pubinn.cz/lahev/pirat-tuzemsky-spiced-375/daca6b6f-1873-e411-80b9-001db7ca56f7> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 90** – <http://potravinynomov.itesco.sk/gregories/sk-SK/products/2002013290209> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 91** –
<http://www.potravinynaprawyri.cz/detail.aspx?id=1051&lang=cs&design=default&archive=archive&listtype=tiles> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 92** – http://ekonomika.idnes.cz/falsovany-toxicky-rum-ab-style-metanol-otrava-fqd/ekonomika.aspx?c=A120913_232206_ostrava-zpravy_brd [cit. 2017-05-04]
- Obr. 93** – <http://zpravy.aktualne.cz/domaci/otrava-metanolem-v-broumove-stopky-vedou-k-vapa-drink> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 94** – <http://www.vitalie.cz/galerie/prehled-nebezpecnych-lihovin/> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 95** –
<http://www.potravinynaprawyri.cz/detail.aspx?id=979&lang=cs&design=default&archive=archive&listtype=tiles> [cit. 2017-05-04]
- Obr. 96** – http://byznys.lidovky.cz/foto.aspx?foto1=APE47a3ef_tuzemak.jpg [cit. 2017-05-04]
- Obr. 97** – <http://www.potravinynaprawyri.cz/detail.aspx?id=976> [cit. 2017-05-04]