

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra chemie a didaktiky chemie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Senzorická analýza jako prostředek zvýšení transparentnosti analytických
metod využívaných při praktické výuce chemie

Sensory analysis as a mean to increased transparency of analytical methods
used in practical chemistry education

Kristýna Kocichová

Vedoucí práce: doc. PhDr. Martin Rusek, Ph.D.
Studijní program: Specializace v pedagogice (B7507)
Studijní obor: B CH-NJ

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Senzorická analýza jako prostředek zvýšení transparentnosti analytických metod využívaných při praktické výuce chemie potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 17.4. 2023

.....

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. PhDr. Martinu Ruskovi, Ph.D., za jeho rady, podporu a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje využití senzorické analýzy ve výuce chemie. V rámci v teoretické části je nejprve popsána senzorická analýza: její historie, základní metody, principy, zásady a postupy při analýze roztoků. V této práci byla pozornost věnována třem základním chutím: slané, kyselé a hořké. Sensorické zkoumání vzorků daných chutí je dále spojeno se základními analytickými metodami, jejichž využití lze nalézt v praktické výuce chemie, zejména pak na přiblížení principů konduktometrie, spektrofotometrie a potenciometrie. Následně se zabývá problematikou výuky přírodních věd: jazykovou obtížností a náročností učení se přírodním vědám. Cílem této bakalářské práce byl pokus o zvýšení transparentnosti analytických metod při praktické výuce chemie prostřednictvím metod senzorické analýzy. V návaznosti na předchozí práce, jež se touto problematikou zabývaly, byly navrženy a pilotovány tři aktivity kombinující senzorickou analýzu s prací se školními senzory. Tento postup dává možnosti zvýšit především zájem a motivaci žáků o chemii, následně vést žáky k vlastnímu přemýšlení, nalézání nových řešení, ke schopnosti práce s přístroji v rámci analytických metod a k ověření a srovnání výsledků měření. Aktivity byly ověřeny na studentech studijního oboru učitelství chemie. Na základě jejich podnětů byly upraveny pracovní listy, které jsou součástí této práce. Do budoucna je plánováno ověření těchto námětů na větším vzorku a rozšířením počtu aktivit.

KLÍČOVÁ SLOVA

senzorická analýza, laboratorní aktivita, konduktometrie, spektrofotometrie, potenciometrie

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis is focused on the description of sensory analysis, its history, basic methods, principles, and procedures in the analysis of solutions. It specializes in three basic tastes: salty, sour and bitter. It then focuses on explaining the basic analytical methods whose applications can be found in practical chemistry teaching, in particular an introduction to the principles of conductometry, spectrophotometry and potentiometry. It then addresses the issues of science teaching, language and the difficulty to learn these sciences. The aim of this bachelor thesis was an attempt to increase the transparency of analytical methods in practical chemistry teaching through sensory analysis methods. Building on previous work addressing this issue, further experimental activities were designed and piloted. These activities give the possibility to increase first of all the interest and motivation of the students in chemistry, then to lead the students to think on their own, to find new solutions, to be able to work with the instruments within the analytical methods and to verify and compare the results of the measurements. The activities have been validated on chemistry teacher education students and are included in the practical part divided into sensory and instrumental parts. The thesis also contains a list of evaluation of reports in which the evaluation records can be found within the activities for salty, sour and bitter taste. Future work is planned to validate these themes on a larger sample and to expand the number of activities.

KEYWORDS

sensory analysis, laboratory activity, conductometry, spectrophotometry, potentiometry

Obsah

Úvod	8
1 Teoretická východiska	9
1.1 Sensorická analýza	9
1.1.1 Historie sensorické analýzy	9
1.1.2 Definice sensorické analýzy	9
1.1.3 Metody sensorické analýzy	9
1.1.4 Laboratorní metody sensorické analýzy potravin	10
1.1.5 Obecné zásady sensorického hodnocení	12
1.1.6 Příprava vzorku k hodnocení	13
1.1.7 Postup během sensorického hodnocení	14
1.1.8 Principy při vyhodnocení vzorků	15
1.1.9 Stupnice v sensorické analýze	15
1.2 Činitelé ovlivňující smyslové vnímání	16
1.2.1 Vliv vnějšího podnětu	16
1.2.2 Vliv prostředí	16
1.2.3 Vliv vnímající osoby	16
1.3 Chuť	17
1.3.1 Anatomie	17
1.3.2 Sladká chuť	18
1.3.3 Slaná chuť	19
1.3.4 Kyselá chuť	20
1.3.5 Hořká chuť	21
1.4 Analytická chemie a její vztah k sensorické analýze	23
1.4.1 Analytické metody	23
1.4.2 Konduktometrie	24
1.4.3 Potenciometrie	25

1.4.4	Spektrofotometrie	27
1.5	Výuka přírodních věd	29
1.5.1	Obtížnost učení přírodních věd.....	30
1.5.2	Praktická výuka přírodních věd.....	30
1.5.3	Jazyková obtížnost.....	31
2	Praktická část.....	32
2.1	Slaná chuť – zkouška na určení spodního podnětového prahu slané chuti.....	32
2.2	Kyselá chuť – seřazení vzorků podle kyselosti pomocí pořadové zkoušky	33
2.3	Hořká chuť – zkouška na určení rozdílových prahů základních chutí pomocí metody párové	34
2.4	Porovnání výsledků měření s výsledky senzorické analýzy	36
2.4.1	Slaná chuť	36
2.4.2	Kyselá chuť.....	37
2.4.3	Hořká chuť.....	39
3	Diskuse	42
4	Závěr.....	44
5	Použitá literatura.....	46
6	Seznam příloh.....	51

Úvod

Důvodem výběru tématu mé bakalářské práce Sensorická analýza jako prostředek zvýšení transparentnosti analytických metod využívaných při praktické výuce chemie byla snaha o propojení sensorické analýzy s analytickými metodami, které je možné využít především v praktické výuce chemie.

Tato myšlenka propojení chemie se sensorickou analýzou ve mně vzbudila zájem, jelikož si myslím, že by tímto způsobem mohla být zajištěna větší pravděpodobnost oblíbenosti předmětu chemie z hlediska zvýšení zájmu a motivace žáků. I přes nižší oblíbenost chemie pro její abstraktnost, nám dává možnosti využití našich smyslů, a jestliže se dodrží určitá bezpečnostní pravidla, tak je přijatelné použít i smysl chuti. Tady již můžeme vidět propojení i z této strany, poněvadž se dostáváme do sensorické analýzy.

Zaměřuji se především na tři základní chutě, a to na slanou, kyselou a hořkou vzhledem k rozsahu práce. Žáci mají příležitost si vyzkoušet vlastní vnímání, rozsah a citlivost daných chutí. Srovnáním a ověřením výsledků sensorické analýzy s výsledky měření prostřednictvím analytických metod jako je konduktometrie, spektrofotometrie a potenciometrie, je pravděpodobné docílení různých pohledů žáka na samotnou problematiku v rámci praktické výuky chemie.

Práce rozvíjí možnosti propojit určité části učiva chemie právě pomocí sensorické analýzy u žáků dle jejich vlastního senzoru v ústech. Tím mohou nabýt dovednosti například schopnosti lepšího pochopení témat jako jsou analytické metody, složení a mísení roztoků, chemické výpočty, měření, pozorování, provádění a vyhodnocování dat.

Cílem této bakalářské práce je vytvořit tři úlohy s potenciálem zvýšit především zájem žáků o chemii jako takovou, dále vést žáky k vlastnímu přemýšlení, nalézání nových řešení, ke schopnosti práce se samotnými přístroji v rámci analytických metod a k samotnému ověření a srovnání výsledků měření.

1 Teoretická východiska

1.1 Senzorická analýza

1.1.1 Historie sensorické analýzy

Senzorická analýza se hojně využívala již v minulosti. Avšak její důležitost spočívala v sensorickém posouzení potravin za účelem získání informace, díky které bylo možné zjistit, zda se jedná o výživnou potravinu a je tedy přijatelná ke konzumaci a k její spotřebě, či se mohli dozvědět, zda tato potravina není toxická a neobsahuje látky toxické. Na jedné straně se pomocí tohoto testování u člověka postupně vytvořila příznivá hodnocení jak sladkých, tak i tučných jídel, jež člověku doplňovaly energii. Na straně druhé se u nich také vyvinula hodnocení hořkých potravin, u kterých hrozilo riziko jedovatých látek (Pokorný a kol., 1998, s. 9).

1.1.2 Definice sensorické analýzy

Definice sensorické analýza se rozumí disciplína, která se využívá k „vyvolání, měření, analyzování a interpretací reakcí na ty charakteristické vlastnosti potravin a dalších materiálů, které jsou vnímány zrakovým, čichovým, chuťovým, hmatovým a sluchovým smyslem.“ (EA-4/09, 2004, s. 3)

Senzorická analýza, která je relativně mladým oborem, znamená hodnocení potravin pomocí lidských smyslů, počítaje zpracování výsledků centrálním nervovým systémem. Probíhá za předpokladu, že je stanoveno přesné objektivní a opakovatelné měření. Pro její zavedení byl nutný rozvoj dalších oborů, především psychologie, poté sociologie, biologie, fyziologie, chemie a biochemie, tudíž můžeme říci, že se jedná o multidisciplinární obor. U fyzikální či chemické analýzy v porovnání se sensorickou analýzou se stanovují pouze vlastnosti, jež se shodují s tzv. vnějšími podněty během sensorické analýzy. Naopak u analýzy sensorické se stanovují vjemy, a proto se výsledky u těchto dvou analýz budou lišit (Ježek, & Saláková, 2012, s. 6-7; Pokorný a kol., 1998, s. 9-10).

1.1.3 Metody sensorické analýzy

Metody sensorické analýzy potravin se dělí do tří kategorií vzhledem ke zvolenému prostředí, a to na laboratorní metody, metody za podmínek restauračního stolování a jako poslední na konsumentské zkoušky (Pokorný, & Kubišová, 1993; Pokorný a kol., 1998).

1.1.4 Laboratorní metody sensorické analýzy potravin

Volba metody závisí na mnoha faktorech, například na množství a na kvalitě hodnotitelů, na charakteru cvičení, na čase, jež jsme schopni této analýze věnovat, také na množství vzorku a na statistické chybě (Pokorný a kol., 1998).

Mezi laboratorní metody řadíme takové zkoušky, které se odehrávají ve speciálně vybavených sensorických laboratořích za standardních podmínek s tím, že jsou součástí buď hodnotitelé, kteří jsou řádně proškolení, nebo odborní senzoričtí posuzovatelé (Ježek, 2014; Pokorný a kol., 1999).

Vzhledem ke značnému množství laboratorních metod budou zde popsány pouze vybrané metody.

Mezi rozdílové zkoušky, které se aplikují na určení možnosti rozdílu či podobnosti produktu, patří párová porovnávací zkouška, zkouška duo-trio, trojúhelníková zkouška, zkouška dva z pěti a zkouška „A – ne A“. Jejich cílem je určit, zda se mezi danými vzorky vyskytuje rozdíl buď v organoleptických vlastnostech, nebo v sensorické jakosti. Porovnáváním dvou vzorků je způsob, který se při rozdílových zkouškách hojně využívá (Ježek, & Saláková, 2012).

Párová zkouška

Párová zkouška je jedna z nejjednodušších zkoušek, která je vhodná pro nezkušené hodnotitele. Princip spočívá v tom, že hodnotitel obdrží pouze dva vybrané vzorky, poté je ochutná a jeho úkolem je zjistit, zda existuje rozdíl mezi danými vzorky. Pokud hodnotitel rozdíl rozpoznal, může též následovat další cvičení, jehož cílem je rozpoznat a stanovit větší intenzitu sledovaného znaku či jednoduše zjistit, který vzorek hodnotitel upřednostňuje vzhledem k sensorické jakosti (Pokorný a kol., 1999). Je tedy možné stanovit rozdíl mezi vzorky, avšak je nemožné určit velikost rozdílu. Párová zkouška je s nucenou volbou, proto posuzovatel musí učinit výběr a vyznačit jeden ze dvou vzorků i přesto, že nevnímá mezi vzorky jakýkoli rozdíl. Průběh této zkoušky se řídí normou ČSN EN ISO 5495 ze září roku 2009 (Ježek, & Saláková, 2012).

Zkouška duo-trio

Zkouška duo-trio je oproti párové zkoušce starší metodou, která cílí na rozpoznání rozdílu mezi třemi vzorky, z nichž je jeden standard. Je kombinací trojúhelníkové a zkoušky párové s rozdílem, že se podává navíc i standard. Zkrátka hodnotitel srovnává dva neznámé vzorky

se standardem, se známým referenčním vzorkem a jeho úkolem je rozhodnout, který vzorek je právě shodný se standardem a který je naopak rozdílný oproti těm ostatním. Nevýhodou této zkoušky duo-trio je časová náročnost a též velké množství vzorků, které jsou při této metodě použity. Uspořádání a průběh této zkoušky se řídí normou ČSN EN ISO 10399 z října roku 2010 (Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1999).

Trojúhelníková zkouška

Trojúhelníková zkouška je již dle názvu taková zkouška, při které hodnotitel dostane k senzoričké analýze trojici vzorků, u nichž se shodují pouze dva vzorky, a ten třetí se odlišuje. Jedná se o zkoušku nuceného výběru v momentě, kdy existuje vnímatelný rozdíl v jedné nebo vícero vlastnostech. Trojúhelníková zkouška je v porovnání s předchozími zkouškami obtížnější na paměť a zkušenosti posuzovatele. Uspořádání a průběh trojúhelníkové zkoušky se řídí normou ČSN EN ISO 4120 ze září roku 2009 (Ježek, & Saláková, 2012; Kilcast, 2010).

Zkoušky, které pracují s více než třemi vzorky nejsou stanoveny ani normou ani standardem. K těm nejznámějším se řadí zkouška dva z pěti, tetradový test a zkouška čtyři z deseti. U těchto zkoušek je možnost menšího množství vzorků, což spoří jak materiál, tak i čas (Ježek, & Saláková, 2012).

Zkouška dva z pěti

Zkouška dva z pěti je rozšíření trojúhelníkové zkoušky a spočívá v tom, že hodnotitel obdrží sadu pěti vzorků, ze kterých jsou právě tři vzorky stejné (vzorek A) a následující dva jsou rozdílné, ovšem navzájem jsou stejné (vzorek B). Úkolem posuzovatele je tedy správně rozřadit dané vzorky do dvou částí. Zkouška dva z pěti je vcelku náročná na paměť (Buňka a kol., 2010; Ježek, 2014; Pokorný a kol., 1999).

Zkouška „A“ – „ne A“

Zkouška „A – „ne A“, či jednostimulová zkouška, je taková zkouška, při které se hodnotitel zprvu seznámí se vzorkem „A“. Jeho úkolem je zapamatovat si vlastnosti tohoto vzorku. Poté je mu vzorek odejmut s tím, že se již není možnost se k němu vrátit. Následuje řada neznámých vzorků, která je před posuzovatele překládána. Hodnotitel musí rozeznat a správně určit, které vzorky jsou shodné se vzorkem „A“ a ty vzorky, které nejsou stejné, tedy jde o vzorky „ne A“ (Ježek, & Saláková, 2012; Kilcast, 2010).

Tetrádový test

Tetrádový test neboli tetrádová zkouška je kombinací zkoušek duo-trio a trojúhelníkové zkoušky, kdy se před hodnotitele předloží čtyři vzorky, z nichž jeden je známý referenční vzorek (vzorek A) a poté trojice neznámých vzorků (Ježek, 2014). Referenční vzorek je dle Lindy M. Poste a kol. (1991) velmi nápomocný při hodnocení a neměl by se během analýzy měnit. Posuzovatel musí prvně zhodnotit referenční vzorek a poté zvolit, které neznámé vzorky se shodují se standardem (Ježek, 2014; Ježek, & Saláková, 2012).

Zkouška čtyři z deseti

Zkouška čtyři z deseti je kombinací čtyř vzorků (A) a šesti vzorků (B), jež je podobná zkoušce dva z pěti. Tato metoda se spíše hodí k určení rozdílů barvy či textury, což může být pro hodnotitele celkem náročné a únavné (Ježek, & Saláková, 2012).

Pořadová zkouška

Pořadová zkouška je metoda, která je výhodná na použití v okamžiku, kdy se nachází rozdíl mezi větším množstvím vzorků než dvěma. Její uspořádání a průběh je normalizován v ČSN ISO 8587. Posuzovatel dostane několik vzorků v neznámém uspořádání s tím, že jeho úkolem je seřadit vzorky dle intenzity zkoumaného znaku (sladkost, světlost, tvrdost) (Ježek, 2014).

Hodnotitel ochutnává ve směru zleva doprava a poté je seřadí. Doporučuje se hodnotit od nejméně intenzivního vzorku ke vzorku nejvíce intenzivnímu. Je vhodné tento proces ještě jednou zopakovat s podmínkou, že hodnotitel bude mít mezi zkouškami menší přestávku. Účelem této zkoušky je zjistit a rozpoznat, zda se některý ze vzorků značně odlišuje od vzorků ostatních. Avšak rozdíl není možné kvantifikovat. Pořadová zkouška je přijatelná pro hodnocení práce posuzovatelů (určení prahu vnímání), třídění vzorků či stanovení vlivů na velikost intenzity jednoho nebo více kritérií (např. pořadí ředění či vliv surovin) na základě preferencí příjemnosti (Ježek, 2014; Kilcast, 2010; Lawless, 2012; Pokorný a kol., 1999).

1.1.5 Obecné zásady sensorického hodnocení

Dle Pokorného a kol. (1998) by měl vedoucí zkušební místnosti posuzovatele nejprve předem seznámit s důležitými informacemi, například s tím, kolik vzorků bude před něj předloženo, jakým způsobem by měly být hodnoceny a jaké zásady musí splnit během hodnocení vzorků.

Mezi povinnosti hodnotitele patří začít s hodnocením v momentě, kdy to svolí vedoucí zkušební místnosti. Dále musí dodržovat stanovené množství vzorku, který ochutnává, používat mezi degustacemi nějaký neutralizátor a také plnit určenou dobu trvání přestávky během sensorické analýzy. Je podstatné, aby hodnotitel zaznamenal své výsledky právě po tom, co se ukončí analýza. Pokud se ale hodnotí preference vzorků, tak je vhodné podat také jeden vzorek mající známou intenzitu, aby nedocházelo k různorodosti výsledků hodnocení (Pokorný a kol., 1998) .

1.1.6 Příprava vzorku k hodnocení

Ježek (2014) zmiňuje, že vzorky, jež se používají na sensorickou analýzu, se odebírají v souladu se stejnými pravidly, jako pro ostatní analýzy pod podmínkou, že budou dodržována hygienická pravidla při odběru a skladování.

ČSN ISO 5497 (560695) stanovuje a vymezuje pravidla, podle kterých by se mělo postupovat při přípravě vzorků. V práci jsou zmíněny pouze některá z těchto pravidel vzhledem k tématu a rozsahu práce.

Vzorek se doporučuje dávat vzorky v teplotě pokojové obzvláště ty vzorky, jež se konzumují zchlazené či dokonce zmrazené, poněvadž nízká teplota by mohla působit na sensorické vnímání hodnotitele (Ježek, 2014; Pokorný a kol., 1999). Dle Lindy M. Poste a kol. (1991) je vnímání chuti největší při teplotě mezi 20 °C a 40 °C. Tato teplota by měla zůstat rovněž během sensorické analýzy konstantní z důvodu, aby bylo dosaženo srovnatelných výsledků.

Při hodnocení chuti by bylo vhodné docílit jednotnosti vzorku například nakrájením na kostky, nadrcením či nastroháním, aby posuzovatel nebyl ovlivněn tímto faktorem (Ježek, 2014; Linda M. Poste a kol., 1991). Barevné rozdíly vzorků se dají zamaskovat pomocí barevných či tlumených světel. Také je možné použít rubínově červené nebo černě lemované poháry, jež maskují tyto barevné rozdíly (Linda M. Poste a kol., 1991).

Další podmínkou, kterou by měly vzorky splňovat, je dodržení dostatečné čerstvosti a také zakódování vzorků, jež jsou hodnotiteli podávány. Je to z praktického důvodu, aby se dodržela jejich anonymita. K označování vzorků se nejčastěji používají trojmístná nebo čtyřmístná čísla, která lze náhodně vygenerovat na počítači. Avšak užití jednoho písmena (A nebo B) jako označení se nedoporučuje, jelikož by to mělo opět jakýsi vliv na hodnotitele (Ježek, 2014).

Množství vzorku je též důležitým parametrem. Při hodnocení běžného charakteru se doporučuje 20 až 30 g nebo 15 až 20 ml. Množství také souvisí s nádobím, na kterém je vzorek podáván. Proto by měla mít místnost zajištěné senzoričky neutrální nádoby, aby nedocházelo k jakémukoli ovlivnění posuzovatele, například dodáním chuti či zápachu. Číré sklo bez potisku nebo bílá keramika také bez potisku jsou přijatelnými alternativami (Buňka a kol., 2010; Ježek, 2014; Linda M. Poste a kol., 1991; Pokorný a kol., 1999).

Dle Pokorného a kol. (1999) by se mělo hodnotit mezi devátou a jedenáctou hodinou dopoledne či mezi druhou a čtvrtou hodinou odpoledne s tím, že doba vztahující se na samotnou senzoričkovou analýzu a také na přestávky mezi degustacemi by se měla vejít do časového rozmezí dvou až tří hodin.

Pokud by se nevymezil určitý čas pro přestávky, tak by se mohla dostavit únava, která se dělí na fyziologickou únavu a psychickou únavu. Hodnotitel se dokáže zbavit fyziologické únavy pomocí krátké přestávky. Avšak závažnější je psychická únava, při níž jsou postiženými oblasti CNS, centrální nervové soustavy. Může se projevit například sníženou citlivostí smyslových receptorů. Doporučuje se zařadit mnohem delší přestávku ve srovnání s únavou fyziologickou (Pokorný a kol., 1998).

1.1.7 Postup během senzoričkového hodnocení

Podle normy ČSN ISO 11037 by se mělo provádět hodnocení vzhledu a barvy. Co se týče hodnocení barvy, tak to se často hodnotí buď v dopadajícím světle, proti bílému pozadí, nebo v procházejícím světle proti světelnému zdroji (Buňka a kol., 2010; Ježek, 2014).

Pokud hodnotíme čichové podněty, tak se používá dle Ježka (2014) v potravinářské praxi tzv. „sniffing“. Jeho hlavní činností je protřepání lahvičky se vzorkem či zakroužení s ní, tím dojde ke vzniku par, které se musí prudce vdechnout. Avšak následující vzorek se smí hodnotit až za určitou dobu, a to za 30 s.

Degustací se rozumí senzoričkové posuzování požitiny v ústech (Ježek, & Saláková, 2012). Nutností před samotnou degustací je vypláchnutí úst vodou. Až poté si vložíme stanovené množství vzorku do úst a pomalu jej žvýkáme. Protože se někdy některé chutě neprojeví hned, tak by se vzorky měly polykat, kupříkladu hořká chuť. Je ovšem podstatné zmínit, že modelové vzorky se zpravidla nepolykají (Ježek, 2014).

Dle Ježka (2014) se textura hodnotí buď v ústech pomocí ukousnutí sousta předními zuby, díky němuž můžeme sledovat jeho odpor a to, jakým způsobem se sousto chová před a po

ukousnutí, a poté se pomalu snažíme rozžvýkat sousto a zároveň sledujeme samotný proces a zaznamenáváme si jej. Další možností hodnocení textury je hodnotit vzorek mezi prsty.

1.1.8 Principy při vyhodnocení vzorků

Aby byla splněna objektivnost sensorického hodnocení vzorků, je nutné se řídit principy podle Ježka (2014), jež jsou popsány níže.

Před hodnocením je vhodné alespoň jednu hodinu nepít a nejíst jakékoli aromatické potraviny. Přijatelná je například čistá neochucená voda.

Hodnotitel by měl alespoň jednu hodinu nekouřit, jinak může dojít ke snížení citlivosti chuťových a čichových receptorů

Při hodnocení více vzorků, by se měly používat neutralizátory chuti, jak již bylo zmíněno v kapitole nazývající se Obecné zásady sensorického hodnocení. Je vhodné minimálně jednu minutu počkat, než hodnotitel bude chtít hodnotit následující vzorek.

Hodnotitel provádí sensorickou analýzu v momentě, kdy je v dobrém psychickém a zároveň fyzickém stavu.

Avšak to, co se nedoporučuje, je používání silných parfémů, protože by mohly ovlivňovat čichové vnímání. Také by neměl posuzovatel sdílet své názory ohledně výsledků hodnocení s ostatními, aby nebyl poté ovlivněn.

1.1.9 Stupnice v sensorické analýze

Jedná se o nejrozšířenější metody, jelikož jsou díky nim lépe vyjádřeny jakostní rozdíly mezi vzorky (Pokorný a kol., 1999). Podrobnější přehled popisuje norma ČSN 4121 (560052).

Rozlišujeme dva druhy stupnic, stupnice intenzivní a hédonické. Stupnice intenzivní slouží ke zjištění intenzity určité vlastnosti a oproti stupnicím hédonickým, které slouží k posouzení stupně příjemnosti. Tyto dva druhy stupnic se můžou dělit na kategorové, bodové, grafické nebo poměrové stupnice, které lze nazvat i bezrozměrnými stupnicemi (Ježek, 2014; Pokorný a kol., 1999).

Existují čtyři typy stupnic, se kterými se můžeme v praxi setkat nejčastěji. Jsou to stupnice nominální, ordinální, intervalové a poměrové. Pokud si na otázku, zda je mezi danými vzorky rozdíl, odpovíme ano či ne, tak se jedná o nominální stupnici. Pro ordinální stupnici je charakteristické zjištění rozdílu bez jeho vyčíslení. U stupnic intervalových jsou velikosti intervalů mezi určitými stupni vybírány tak, že rozdíly mezi dvěma sousedními stupni

odpovídají stejnému rozdílu intenzit sensorického počítku. U poměrových stupnic to funguje tak, že stejné poměry dvou stupňů odpovídají stejným poměrům intenzity počítku (Ježek, 2014).

1.2 Činitelé ovlivňující smyslové vnímání

Existuje mnoho různých faktorů, které ovlivňují smyslové vnímání. Sem patří vliv vnějšího podnětu, prostředí a vliv vnímající osoby, kde se projevují buď fyziologické, psychologické nebo sociální vlivy (Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

1.2.1 Vliv vnějšího podnětu

Mezi základní požadavek smyslového vnímání se řadí vnější podnět neboli stimula. Každou sekundu vnímáme řadu podnětů (Pokorný a kol., 1998). Je důležité, aby trvání smyslového vnímání bylo dostatečně dlouhé a aby bylo silné. Během sensorického hodnocení je nutné vyvolat vnější podnět, ale také je důležité, aby se hodnotitel soustředil na daný podnět, proto je vhodné jej na to zpočátku upozornit (Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

1.2.2 Vliv prostředí

Podle Pokorného a kol. (1998) působí na posuzovatele mnoho dalších vlivů.

Zkušební místnost pro sensorickou analýzu by měla být upravena v souladu s obecnými pokyny pro uspořádání sensorického pracoviště dle ČSN ISO 8589 (560036).

Místnost by měla být na místě, které je klidné a je uzavřené, aby měli hodnotitelé vhodné prostředí na sensorické hodnocení. Také má být chráněna jak před hlukem, tak i před různými pachy. Je důležité optimalizovat teplotu, vlhkost vzduchu, osvětlení a též pohyb vzduchu (Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

1.2.3 Vliv vnímající osoby

Vliv vnímající osoby má fyziologický, psychologický a sociální charakter (Čejka a kol., 2002; Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

Fyziologické vlivy

Osoby, které trpí nemocí, která by mohla jakýmkoli způsobem ovlivnit vnímání při sensorickém hodnocení, jako je barvoslepost, hypogeusie a částečná anosmie, by se neměly účastnit samotného hodnocení (Ježek, & Saláková, 2012). Nepříznivé účinky může mít i fyziologická únava neboli adaptace která trvá pár sekund. (Pokorný a kol., 1998).

Psychologické vlivy

Psychologickými faktory, které musí splňovat hodnotitelé, jsou schopnosti se soustředit a udržet pozornost. Člověk by měl být pečlivý během senzoričké hodnocení a měl být schopný formulovat své poznatky smyslového vnímání. Zkrátka by posuzovatel měl být v dobrém psychickém stavu (Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

Sociální vlivy

Zásadní jsou také sociální vlivy. Je běžné, že se člověk pohybuje v určité společnosti, tak i během senzoričké analýzy by měl považovat každého dalšího hodnotitele za rovnocenného. Lze najít různé faktory, jež jsou samotným podnětem, který může působit na hodnotitele depresivně a tím může i znehodnotit výsledky (Pokorný a kol., 1998). Zapisování výsledků je také stěžejní. Cílem je tedy vytvořit příjemné a přátelské prostředí, ve kterém samotný proces analýzy bude probíhat (Ježek, & Saláková, 2012).

1.3 Chuť

Chuťové ústrojí obsahuje chuťové pohárky, které jsou uloženy ve slizničním epitelu v místě jazyka. Chuťovými receptory se rozumí chuťové buňky pohárků. U člověka je jich zhruba 10 000 (Jelínek, & Zicháček, 2014; Novotný, & Hruška, 2015).

Dle Novotného a Hrušky (2015) chuťové buňky dokážou zjistit alkaloid chitin, jenž je v roztoku, v koncentraci $0,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ a NaCl v koncentraci $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Smysl chuťový má velký význam během senzoričké analýzy a jeho uplatnění nalezneme při vnímání v ústech. Rozlišujeme čtyři základní chutě, a to sladkou, slanou, kyselou a hořkou (Buňka a kol., 2010; Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

Na vnímání chuti se také účastní čich, poněvadž u člověka, který má onemocnění nosní dutiny, si můžeme všimnout, že potrava pro něj ztrácí chuť (Novotný, & Hruška, 2015).

1.3.1 Anatomie

Chuťové receptory se nachází zároveň na jazyku, ale také v zadní části měkkého patra, na jazylce a v horní části hltanu. Dospělé osoby mají většinu receptorů umístěných na jazyku, přičemž různé druhy receptorů jsou rozmístěny na různých částech jazyka. Ovšem novorozenci je mají rozptýlené po větší části dutiny ústní (Ježek, & Saláková, 2012; Pokorný a kol., 1998).

Na konci jazyka se nachází receptory pro látky sladké a slané chuti. Po stranách jazyka nalezneme receptory pro vnímání kyselé a sladké chuti. A vnímání hořké chuti je typické na kořeni jazyka (Jelínek, & Zicháček, 2014).

1.3.2 Sladká chuť

Emoce, jež prožíváme během ochutnávání látek sladkých chutí, jsou složité procesy, které jsou zprostředkované receptory sladké chuti (Mennella a kol., 2016).

Sladká chuť patří mezi základní chutě, jak již bylo zmíněno. Látky sladké chuti jsou pestré (Pokorný a kol., 1998). Například sacharidy a z nich vytvořené cukry jsou důležité pro funkci několika orgánů. Mezi ně patří mozek a červené krvinky. Dospělý člověk spotřebuje si 140 g glukózy za den (Fořt, & Mach, 2014).

Sacharidy tvoří skupinu monosacharidů až polysacharidů. Nejdůležitějšími monosacharidy jsou glukóza, fruktóza, galaktóza a xylóza (Tkáč a kol., 1999).

Glukóza (hroznový cukr), která je obsažena v ovoci a v medu, je pro organismy zdrojem energie. Jedná se o základní stavební jednotku sacharidů. Fruktóza se používá především jako sladidlo, když má člověk onemocnění diabetes (cukrovku) (Plucková a kol., 2015).

Sacharóza

Sacharóza je disacharid, který obsahuje jednu molekulu glukózy a jednu molekulu fruktózy. Stanovení sacharidů biosenzorem je pomocí invertázy, která hydrolyzuje na fruktózu a glukózu, pak dochází k oxidaci, kdy vzniká peroxid vodíku, kyslík nebo protony (Tkáč a kol., 1999).

Sacharóza je bílá krystalická látka, která je obsažená v bulvách řepy cukrovky, ve stéblech cukrové třtiny a také v ovoci (Plucková a kol., 2021).

Dle Čopíkové a kol. (2013) má cukr (sacharóza) negativní vliv na naše tělo a může způsobovat různé nemoci, kupříkladu zubní kaz, obezitu, nádorová či kardiovaskulární onemocnění. Pro Českou republiku se doporučuje denní příjem cukru na jeden až tři čajové lžičky cukru, což odpovídá patnácti gramům cukru.

Další látky sladké chuti

Umělá sladidla, která nahrazují sacharózu, dělíme na sladidla chemická (sacharin, aspartam) a na náhradní přírodní cukry (fruktóza), jejichž podskupina se nazývá polyoly, kam řadíme například sorbitol a xylitol. Tyto skupiny se liší v kalorické hodnotě. Hlavním cílem

chemických sladidel je příjemná chuť dané potraviny. Naopak náhradní přírodní cukry mají podobnou energetickou hodnotu jako sacharóza a mají nižší glykemický index (Bobrovová, 2008; Číž, 2008).

Existují i náhradní sladidla sladké chuti. Mezi nízkokalorická sladidla patří aspartam, sukralosa, cyklamát, neotam a advantam (Čopíková a kol., 2013).

Do skupiny látek sladké chuti také spadají necukerné přírodní látky, jako jsou proteiny Thaumatin I a Thaumatin II, které jsou 3000–15 000krát sladší než sacharóza. Také některé lysozymy v nativním stavu mají sladkou chuť a slouží jako obrana proti bakteriím (Lapčík a kol., 2007).

1.3.3 Slaná chuť

Slaná chuť je pro organismus důležitá pro regulaci Na^+ . Nerovnováha sodného kationtu může vyvolávat spoustu neurokrinních změn. Nejčastější látkou slané chuti je kuchyňská sůl neboli chlorid sodný, která má v porovnání s čistým chloridem sodným jinou chuť (Opletal a kol., 2011).

Při jeho zvýšeném příjmu mohou vznikat různá onemocnění jako kardiovaskulární onemocnění a hypertenze (Opletal a kol., 2011).

Látky slané chuti

Sůl kuchyňská (chlorid sodný) obsahuje sodík, který je pro naše tělo důležitý, avšak jeho nadměrné množství může vést k rozvoji různých chorob, jako je například hypertenze. Doporučené denní množství sodíku se pohybuje mezi 230 – 10 350 mg (Šubrtová, & Matějová, 2015).

Je zajímavé, že krevní plazma má asi 0,9 % chloridu sodného a koncentrace minerálních látek v krevní plazmě se podobá mořské vodě (Würzová, 2018).

Chuť solí závisí na kationtu a aniontu. Mezi běžné soli patří $LiCl$, $LiBr$, LiI , $NaBr$ a NaI . Slanou chuť s chladivou příchutí a „pálivou“ příchutí má KNO_3 . KCl a KBr mají spíše slanohořkou chuť. Dokonce v USA je v prodeji i chlorid draselný, který se považuje za sůl s nízkým obsahem sodíku (Opletal a kol., 2011).

Dle Opletala a kol. je možné vnímání chuti KCl a $NaCl$ na jedné straně zesílit a na straně druhé i zeslabit pod podmínkou, že jsou v různých koncentracích zastoupené kyseliny octová, jantarová či citronová, i když pocit slanosti v ústech nezávisí na pH. Kyselina

hyaluronová hraje také důležitou roli, jelikož pak modifikuje slanou chuť k pocitu příjemnému.

1.3.4 Kyselá chuť

První popis fyzikálně-chemického základu kyselé chuti pochází od chemiků a rovněž od psychologů, kteří pracovali v období mezi koncem devatenáctého a na začátku dvacátého století. Vědec S. P. L. Sorenson, který byl dánského původu, zavedl stupnici pH v roce 1909 a v roce 1934 patří zásluha na objevení pH metru Arnoldu Beckmanu (Turner, & Liman, 2022).

Existují organické kyseliny, které se vyznačují kyselou chutí. Mezi ně patří kyselina citronová, mléčná, jablečná a octová. Silné anorganické kyseliny mají kyselý proton vodíku, který zapříčiňuje kyselou chuť (Frank a kol., 2022). Vjem kyselosti u anorganických kyselin je úměrný koncentraci protonů, které jsou ve vodném roztoku zcela disociované, avšak u organických kyselin tomu tak není. Vliv na vnímání kyselé chuti mají i vlastnosti slin, tedy obsah iontů a puřovací kapacita (Lapčík a kol., 2015).

Kyselá chuť je dle Huang a kol. (2006) zprostředkována jedinečným typem buněk, které nejsou nijak závislé na vnímání ostatních chuťových vlastností. V tomto výzkumu výsledky ukazují, že myši bez kyselé chuti mají normální vnímání a reakce na sůl.

Látky kyselé chuti

Kyselá chuť hraje podstatnou roli, neboť díky ní lze rozpoznat a identifikovat, zda se jedná o škodlivé či nepříjemné látky. Příkladem můžou být jak zkažené potraviny, tak i nezralé ovoce, u nichž můžeme určit specifickou kyselou chuť, která je zapříčiněná vysokou koncentrací kyselosti (Ugawa, 2003).

V ovoci se rovněž vyskytuje velké množství přirozených látek kyselé chuti, například v citronech, pomerančích, jahodách a višních. Nejčastějšími kyselinami právě v ovoci jsou kyselina citronová, jablečná, vinná a fumarová (Lapčík a kol., 2015). Kyselinu citronovou, která má pH 3,0, člověk vnímá kyselejší než kyselinu chlorovodíkovou při totožném pH (Frank a kol., 2022). Naopak kyselina chlorovodíková byla popsána jako kyselina se slabě hořkou chutí (Ugawa, 2003).

Ve víně se vyskytují kyseliny jako kyselina vinná, jablečná a citronová z toho důvodu, aby bránily rozšiřování a růstu mikroorganismů, které jsou zde nepříznivé, čímž by mohly ovlivnit také chuť samotného vína (Lapčík a kol., 2015).

1.3.5 Hořká chuť

Hlavním úkolem hořké chuti je varovat člověka před nebezpečím. Díky ní dokážeme poznat mnoho toxických rostlinných metabolitů, které chutnají hořce (Behrens, & Meyerhof, 2006). Avšak i hořká chuť je příznivá ve smyslu vyvážení chuťového profilu nápojů a potravin. Hořkou chuť umožňují receptory spojené s G proteinem (Behrens, & Meyerhof, 2013). První lidský receptor, který identifikovali, byl TAS2R14. Tento receptor dokáže určit a rozpoznat široké spektrum látek hořké chuti (Behrens, & Meyerhof, 2013; Chandrashekar a kol., 2000).

Hořčiny

Hořčiny mající hořkou chuť jsou tvořeny heterogenní skupinou sloučenin nejčastěji v podobě glykosidů. Jedná se o látky, které se nacházejí v rostlinách. Tyto sloučeniny mají farmakologické účinky a způsobují například vylučování trávicích enzymů (Opletal a kol., 2007).

V drogách se může vyskytovat hořčín zvaný amara, jenž dodává jídlu lepší chuť. Například droga z aloe stromovité obsahuje Aleonin, což je hořčín způsobující projímací účinky. K výrobě likérů je potřeba složka zeměžluč lékařská. Jedná se o nejstarší léčivou rostlinu světa (Opletal a kol., 2007).

Další látky hořké chuti

Kofein, metylxantin, je obsažen v menších koncentracích v kávě, čokoládě a také v čaji a vede ke zvýšení oblíbenosti při požitku z nápojů či jídla. Hořkost čokolády je zčásti způsobena katechiny ve fermentovaném kakau. Hořkou chuť kávy totiž převážně vyvolávají fenolové kyseliny. Její chuť dokáže ovlivnit i to, jakým způsobem je pražená. Samotné vnímání hořké chuti kofeinu se s postupným věkem snižuje (Drewnowski, 2001).

Kofein, který se také často používá v mnoha nealkoholických nápojích jako ochucovadlo, se přirozeně vyskytuje jako alkaloid v nejméně 63 druzích rostlin a nalezneme jej v jejich listech, semenech a plodech (Dias a kol., 2013).

Podle Onga a kol. (2018) konzumace kávy, čaje a alkoholu by mohla být ovlivněna rozdíly ve vnímání chuti hořké. Byla provedena mendelovská randomizační analýza, která využívala genetické varianty spojené právě s vnímáním hořkých látek, jehož cílem bylo vyhodnotit konzumaci již zmíněných látek mezi několika účastníky.

Mezi další hořké látky se řadí kupříkladu aminokyseliny, kyseliny a peptidy, estery a laktony a fenoly (Behrens, & Meyerhof, 2013).

Další chutě

Umami je chuť, která je považována za základní chuť společně s chutí sladkou, slanou, kyselou a hořkou (Behrens, & Meyerhof, 2006; Opletal a kol., 2007; Wang a kol., 2020). Mezi ostatní chutě se řadí kovová, trpká a svíravá a pálivá (Čopíková a kol., 2014).

Umami chuť

Chuť umami, neboli v japonštině chuť glutamátu sodného a 5'-ribonukleotidů, se dělí na dvě řady sloučenin, z nichž jednu tvoří skupina L- α -aminokyselin představovaná glutamátem sodným a druhá skupina zahrnuje 5'-ribonukleotidy a jejich deriváty reprezentovaná 5'-inosinátem disodným nebo 5'-guanylátem disodným (Yamaguchi, 1979). Umami slouží ke zvýšení chutnosti u potravin a také je klíčový v lidském metabolismu. Jedním příkladem je zvýšení pocitu sytosti během požití potravin a snižuje pravděpodobnost vzniku poruchy příjmu potravy (Wang a kol., 2020).

Kovová chuť

Kovová chuť je často označována u potravin, které jsou vadné, jako jsou oleje, mléčné potraviny a pivo. Tato chuť vzniká při kontaktu s kovovými obaly potravin. Při kovové chuti vzniká pálení v ústech a nejčastěji ji vnímají pacienti s rakovinou (Lawless a kol., 2004).

Mohla by být spojena i s otravou některými anorganickými jedy. Také se může objevit na začátku těhotenství a u onemocnění ledvin. Kovovou chuť železa a mědi můžeme pociťovat v pitné vodě při koncentracích asi $0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pro železné ionty a $0,61 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pro ionty mědi. Nasládlou kovovou chuť má také vinan antimonitodraselný, který se využívá jako mořidlo v barvířství a zčásti jako anti-helmintikum (Wimmer a kol., 2012).

Lawless a kol. (2005) prováděli aplikovaný senzorický trénink, kdy běžnými referenčními standardy pro kovovou chuť panelu byly zředěné roztoky síranu železitého a čistý měděný haléř, tím zjistili, že roztok síranu železnatého (FeSO_4) má kovovou chuť.

Trpká a svíravá chuť

Tato chuť vyvolává pocit suchého jazyka. Mezi pozitivní vlastnosti patří fakt, že zastavuje střevní problémy (průjmy) a taktéž krvácení. Má protizánětlivé účinky a jako látky trpké chuti jsou řazeny čaj, víno, šalvěj, třezalka, nezralé banány, brusinky, granátová jablka. Příčinou svíravě trpké chuti jsou tzv. trísloviny neboli taniny (Čopíková a kol., 2014).

Třísloviny se skládají ze specifické skupiny polyfenolů, které mají schopnost interagovat a srážet alkaloidy, želatínu a další proteiny (Soares a kol., 2020). Vyskytují se jako beztvaré nažloutlé či světle hnědé hmoty, jako je prášek, vločky nebo také houba. Nalezneme je například v kůře stromů, kde působí jako bariéra pro mikroorganismy. Přidávají se do různých zpracovaných potravin jako jsou zmrzliny a karamel (Ashok, & Upadhyaya, 2012).

Pálivá chuť

Pálivá chuť je nejčastěji spojována s konzumací pálivých jídel, která je doprovázená slzením očí a rýmou, které vznikají jako obranné reakce. Náš organismus tedy bere tuto chuť jako rizikovou (Wang a kol., 2016). Pálivá chuť pochází z angličtiny „hot“, což znamená ostrý, pálivý nebo pepný. Přírodní látky pálivé chuti se přidávají do potravin ve formě koření, například pepře, ve kterém lze najít alkaloidy. Důvodem pálivé chuti například pálivých paprik, feferonek, chilli a jalapeña je syntetizace a nahromadění látky kapsaicinu ve tkáních rostlin. Piperin, který je obsažený v černém pepři je odpovědný za jeho pálivou chuť a má protirakovinné účinky (Lapčík a kol., 2011).

1.4 Analytická chemie a její vztah k senzorické analýze

Níže je uvedena jedna z definic analytické chemie, a právě od Bartoše a kol. (2011, s. 7), která zní, že analytická chemie je disciplínou, která "vyvíjí a aplikuje metody, zařízení a postupy k získání informace o chemickém složení a povaze hmoty v prostoru a čase."

1.4.1 Analytické metody

Analytické metody se dělí na chemické (klasické) a na instrumentální (fyzikálně chemické) (Křížek a kol., 2015). Chemické metody jsou nejčastěji přímými a standardními metodami. Zakládají se na průběhu chemických reakcí a jedná se o metody, které mají mnoho benefitů. Nejsou náročné, co se materiálu týče, a také jsou jednoduché a přijatelné pro určení vysokých obsahů složek. K fyzikálně chemickým a fyzikálním vlastnostem patří metody nepřímé, které využívají srovnávací měření a také kalibrační závislosti. Dokonce i některé instrumentální metody mohou být spojené s chemickou přeměnou vzorku a tím se řadí mezi fyzikálně chemické metody (Bartoš a kol., 2011). Instrumentální metody jsou rychlé, mají selektivní stanovení a mohou určit stopové množství látek (Křížek a kol., 2015).

S ohledem na praktickou část této práce bude dále pozornost věnována pouze vybraným instrumentálním metodám: konduktometrii, spektrofotometrii a potenciometrii.

1.4.2 Konduktometrie

Konduktometrické (vodivostní) metody se řadí mezi elektroanalytické metody, které využívají základní fyzikální vlastnosti vodného roztoku vést elektrický proud. Elektrický náboj je přenášen pomocí iontů, které se vytvořily disociací sloučeniny s iontovou vazbou ve vodném prostředí (Veselý, 1968). Můžeme tedy říci, že konduktometrie je metoda, při které měříme vodivost roztoků elektrolytů (Klouda, 2016).

Na jednu stranu je konduktometrie přesná a citlivá, ale na stranu druhou není selektivní (Andrlík, & Schlemmer, 1964). Elektrická vodivost je aditivní veličina, která je ovlivňována právě koncentrací, elektrickým nábojem a také pohyblivostí daných iontů (Křížek a kol., 2015). Pomocí těchto metod můžeme stanovit například výparku vody nebo určit obsah popela v surovém cukru. Jednotkou vodivosti je siemens ($S = \Omega^{-1}$) (Veselý, 1968).

Vodivost (konduktance) G nám dává informaci o schopnosti elektrolytu vést elektrický proud. Lze ji definovat jako převrácenou hodnotu elektrického odporu (rezistence) R (Klouda, 2016).

$$G = \frac{1}{R}$$

Princip spočívá v tom, že máme dvě vodivé desky, které jsou umístěné v roztoku s tím, že je na ně vloženo střídavé napětí U a je zde měřený elektrický proud I . Vodivost můžeme určit pomocí Ohmova zákona (Klouda, 2016).

$$G = \frac{1}{U}$$

Měření vodivosti probíhá pomocí vodivostní cely (nádobky), která je ponořená v měrném roztoku. Nejčastěji jde o plastovou či skleněnou trubici. Elektrody, které jsou umístěné uvnitř trubice, jsou vyrobeny z platiny, titanu, grafitu nebo z pozlaceného niklu a jsou většinou dvě (Klouda, 2016).

Dělení látek vedoucí elektrický proud

Elektrický proud může být veden různými látkami. Rozdělujeme je na vodiče, polovodiče a nevodiče (Andrlík, & Schlemmer, 1964; Veselý, 1968). Vodiče rozlišujeme dle toho, jak vedou elektrický proud, a to na vodiče I. druhu, kam patří tuhé látky neměnicí se po průchodu elektrického proudu, a vodiče II. druhu (elektrolyty), kterými mohou být

roztoky kyselin, zásad a solí nebo jejich taveniny. Na rozdíl od vodičů I. druhu se po průchodu elektrického proudu mění (Veselý, 1968).

Přímá konduktometrie

Díky přímé konduktometrii můžeme určit koncentrace elektrolytů, ale pouze v jednoduchých roztocích, poněvadž vodivost je aditivní nesespecifická veličina. Pokud se jedná o složitější roztoky, tak přímá konduktometrie není vhodnou volbou. Hodnota měrné vodivosti udává pouze celkovou koncentraci solí, kdy s touto informací si bohatě vystačíme. Tato konduktometrie je metoda, která se hojně využívá ke kontrole čistoty vod. Výhodou této metody je rychlost, citlivost a jednoduchost měření (Holzbecher a kol., 1987). Díky ní můžeme například zjistit stupeň disociace a disociační konstanty slabých elektrolytů a součin rozpustnosti silných elektrolytů (Klouda, 2016).

Nepřímá konduktometrie

Nepřímá konduktometrie se využívá pro určení jiné veličiny, která probíhá na základě sledování hodnot vodivosti, které se mění (Klouda, 2016; Stratilová Urválková a kol., 2008). Příkladem nepřímé konduktometrie je konduktometrická titrace, která se používá v případě, kdy se mění vodivost chemického systému. Využití má jak při acidobazických a srážecích reakcích, tak při komplexotvorných a redoxních reakcích. Podstatné je zajistit, aby se během titrace objem roztoku měnil co nejméně. Při této titraci pracujeme s velkým objemem vzorku nebo jeho roztoku (Křížek, & Šíma, 2015). Provádí se v titrační nádobce, do níž se ponoří vodivostní elektroda a probíhá samotné měření (Stratilová Urválková a kol., 2008). Konduktometrické titrační křivky neutralizačních titrací mají průběh závislý na síle příslušné kyseliny nebo zásady (Klouda, 2016).

1.4.3 Potenciometrie

Potenciometrie je elektrochemická metoda, která je založená na měření rovnovážného napětí galvanického článku (Klouda, 2016). Galvanický článek se skládá z měrné elektrody, kdy její potenciál je závislý na koncentraci (aktivitě) stanovovaného iontu, a také se skládá z referenční elektrody (nejčastěji chloridostříbrné), která musí mít konstantní potenciál, jenž je nezávislý na složení roztoku. Měrných elektrod existuje několik druhů. Při měření pH se často využívá skleněná elektroda, která se řadí mezi iontově selektivní elektrody (Holzbecher a kol., 1987; Křížek, & Šíma, 2015). Pokud je aktivita stanovované složky určována přímo z hodnoty elektromotorického napětí článku, jedná se o přímou

(rovnovážnou) potenciometrii, kterou lze využít při měření pH. Naopak potenciometrická titrace využívá změny napětí článku v závislosti na přidavku titračního činidla (Vinšová a kol., 2007). Pro potenciometrické titrační křivky je charakteristické, že mají esovitý průběh (Klouda, 2016).

Skleněné elektrody používané v rámci potenciometrie

Skleněná elektroda je iontově-selektivní pH elektroda (Klouda, 2016). Tyto elektrody patří mezi nejpoužívanější (Klouda, 1996; Křížek, & Šíma, 2015; Váňa, 1984). Využívají se na stanovení koncentrace vodíkových iontů. Funguje tím způsobem, že je elektrochemická membrána ve formě baňky ze speciálního elektrodového skla, která je natavena na skleněné trubičce. Vevnitř této baňky je roztok o daném pH, do kterého je ponořena chloridostříbrná elektroda jako svodná. Pomocí skleněných elektrod můžeme měřit pH v rozmezí od 1 do 10 s tím, že speciální elektrody je možné využít také pro měření pH do 14 (Křížek, & Šíma, 2015). Donnanův potenciál, který je na povrchu elektrody, se ustavuje iontově-výměnnou reakcí mezi sklem a roztokem. Membránový potenciál skleněné elektrody vzniká jako rozdíl potenciálů Donnanových, který se nachází na vnější a na vnitřní stěně skleněné membrány (Klouda, 2016).

Nernstova rovnice

Pomocí Nernstovy rovnice můžeme vypočítat potenciál elektrody E . Ta popisuje závislost potenciálu na koncentraci pro oxidačně redukční elektrody, pokud na elektrodě probíhá oxidačně-redukční reakce (Křížek, & Šíma, 2015).

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{c(Ox)}{c(Red)}$$

Kde E^0 je standardní potenciál elektrody, R je molární plynová konstanta ($8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$), T – termodynamická teplota, n – počet elektronů vyměňovaných při elektrodové reakci, F – Faradayova konstanta ($96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$), $c(Ox)$ a $c(Red)$ – koncentrace oxidované a redukované formy prvku. Je možné, že v rovnici může být $c(Ox)$ a $c(Red)$ prohozené, tím by $c(Ox)$ byl ve jmenovateli a $c(Red)$ v čitateli. V tomto případě bude znaménko za E^0 záporné (Křížek, & Šíma, 2015).

pH a jeho měření

Stupnice pH nám udává míru zásaditosti nebo kyselosti. Pohybuje se od 0 do 14 s tím, že pH 7 se považuje za neutrální. Látky s pH nižší než 7 jsou kyselé a látky s pH vyšší než 7 jsou zásadité (Grubb a kol., 2007).

pH metr

pH metr lze použít na měření pH. Tyto pH metry jsou většinou elektronické voltmetry, které fungují jako zjednodušené ionmetry. Avšak rozdíl mezi ionmetrem a pH metrem spočívá v tom, že pH metr má stupnici v hodnotách pH. Na správnost měření mají především vliv vlastnosti měrného článku. Před samotným měřením by se měl pH metr kalibrovat dvěma standardními roztoky (Holzbecher a kol., 1987).

pH indikátorové papírky

Pomocí pH indikátorových papírků lze také změřit pH. První pH indikátory byly zavedeny v 17. století Robertem Boylem. Boyle připravil fialový likér a pozoroval, že extrakt z tohoto květu se v kyselém roztoku zbarvil do červena a v zásaditém do zelena. Poté pomocí nakapání tohoto fialového likéru a také několika kapek octa na bílý papír pozoroval, že se papír zbarvil do červena (Terci, & Rossi, 2002).

Běžné indikátorové papírky se vyrábí z filtračního papíru, který je napuštěný indikátorem. Díky barevné změně dokážeme zjistit, jaké pH daná látka má. Existují různé druhy, například lakmusové, fenolftaleinové či univerzální indikátorové papírky (Kameník, 1986). Pro kvalitativní účely slouží univerzální indikátorové papírky pro odhad s přesností $\pm 0,5$ jednotky pH (Bartoš a kol., 2011).

1.4.4 Spektrofotometrie

Spektrofotometrie je založená na měření záření absorbovaného roztokem. Sleduje absorpci elektromagnetického záření v intervalu od 200 nm do 800 nm (Křížek, & Šíma, 2015). Jestliže vidíme před sebou dva roztoky stejné látky, které mají různou intenzitu zbarvení, tak náš předpoklad zní, že ten tmavší roztok je více koncentrovaný, což je vlastně také podstatou spektrofotometrie. Víme-li, jaké množství světla mezi roztoky prochází, poté můžeme zjistit, jakou koncentraci tyto roztoky mají (Subhanová, 2022).

Ve srovnání s fotometrií je spektrofotometrie velmi rozdílná, a to ve spektrální kvalitě použitého záření a jeho získávání. Na jedné straně je u fotometrů monochromatické záření

získáváno díky barevným filtrům, na straně druhé u spektrofotometrů se toto záření získává pomocí rozkladu na hranolovém nebo mřížkovém monochromátoru. U dražších přístrojů se často používá mřížkový monochromátor s odraznou mřížkou. Prostřednictvím spektrofotometru můžeme vidět i grafický záznam spektra. Spektrální šíře záření, které lze získat kvalitním monochromátorem, je 0,5 nm až 5 nm (Křížek, & Šíma, 2015).

U spektrofotometrů se jako zdroje záření využívají pro viditelnou oblast světla wolframová a halogenová žárovka, poté pro ultrafialovou oblast deuteriová lampa. Wolframová žárovka se používá pro rozsah vlnových délek 350 – 3000nm, kdy energie vyzařovaná z wolframového vlákna je přímo úměrná čtvrté mocnině vloženého napětí. Halogenová žárovka je zkrátka wolframová žárovka s tím rozdílem, že obsahuje malé množství jodu v křemenné baňce (Klouda, 2016).

Ultrafialová a viditelná spektrometrie využívá vstřebání (absorpci) ultrafialového a viditelného záření. Používá se v momentě, kdy chceme určit neznámé organické látky. Také se využívá k řešení strukturních otázek právě tím způsobem, že se porovná změřený průběh spektra se spektry, které známe. Její podstatou je to, že při absorpci dochází k excitaci valenčních elektronů. Proto lze usuzovat, že molekulová absorpční spektra v ultrafialové a viditelné oblasti jsou elektronovými spektry (Klouda, 2016).

Lambertův-Beerův zákon

Zákon nám říká, že intenzita zbarvení roztoku (absorbance) je při konstantní tloušťce vrstvy měřeného roztoku (délka kyvety) a konstantní vlnové délce záření přímo úměrná molární koncentraci (Klouda, 2016).

$$A = \epsilon \cdot c \cdot d$$

Kde A je absorbance roztoku, ϵ je molární absorpční koeficient ($dm^3 \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$), c je koncentrace roztoku ($mol \cdot dm^{-3}$), d je délka kyvety (cm) (Jeník, 2017). Pokud je absorpce záření nulová, tak je nulová také absorbance. Absorbance je veličina aditivní, a pokud absorbují záření určité vlnové délky dvě nebo více složek, tak je následně celková absorbance součtem absorpčních jednotlivých složek. Veličina, která se uvádí často v procentech a je relativní částí záření, jež projde, se nazývá transmitance T (Klouda, 2016).

$$T = \frac{\Phi}{\Phi_0}$$

Lambertův-Beerův zákon splňuje podmínky pouze pro zředěné roztoky do koncentrací $10^{-2} \text{ mol. dm}^{-3}$. Její využití nalezneme v kvantitativní analýze při metodách absorpčních (Klouda, 2016).

1.5 Výuka přírodních věd

Ve vyšších ročnících gymnázia patří tyto přírodovědné vědy k méně oblíbeným předmětům. Může to být zapříčiněno tím, že se žáci učí nové poznatky takovým způsobem, aniž by se snažili o jejich porozumění. Výuka těchto předmětů může následně vypadat tak, že jsou žákům sděleny nové poznatky, které jsou v hotové podobě s tím, že si žáci píšou své poznámky do sešitů či pouze používají powerpointové prezentace, které připraví sám učitel. Následně během zkoušení, dá se říci, přeríkávají tyto poznatky dle učitele. Z tohoto důvodu nejsou schopni řešit problémové úlohy (Nezvalová a kol., 2010).

Na základě nízké obliby a zájmu přírodovědných předmětů probíhají v Evropě mezinárodní a národní projekty, které by měly usilovat o větší motivaci a zájem žáků či studentů o přírodní vědy. Jedním z těchto projektů je mezinárodní projekt s názvem ESTABLISH. Důsledkem zvýšení zájmu žáků může způsobit větší množství uchazečů o vysoké školy těchto oborů (Kekule, & Žák, 2001).

Kekule a Žák (2001) zmiňuje metodu, která by mohla být nápomocná během výuky přírodních věd. Nazývá se IBSE, z anglického jazyka „inquiry-based science education“, což můžeme přeložit jako badatelsky orientovaná výuka v přírodovědných předmětech. (BOV). Papáček (2010, s. 40) vysvětluje pojem inquiry, kdy jde o „proces formulování problémů, kritického experimentování, posuzování alternativ, plánování zkoumání a ověřování, vyvozování závěrů, vyhledávání informací, vytváření modelů studovaných dějů, rozpravy s ostatními a formování koherentních argumentů.“

Pro badatelsky orientovanou výuku přírodních věd to funguje na tak, že učitel má funkci jakéhosi průvodce při řešení problému a jeho úkolem je vést žáka podobným postupem, jaký je častý a běžný během reálného výzkumu. Počínaje formulací hypotéz to pokračuje přes konstrukci metod řešení a dále přes získání výsledků zjištěných metodikou, na které se žáci s učitelem shodli (Papáček, 2010).

Badatelsky orientovaná výuka v přírodovědných předmětech jako je chemie, biologie a fyzika je řízena především otázkami, které položí žák. Jejím vzorem pro inspiraci je konstruktivistický přístup k učení, kdy jeho výhodou je mnoho možností a způsobů

vybudování poznatkové struktury, kde je podstatné získat dovednost učení. Avšak ne všechno badatelsky orientované učení musí být konstruktivistické (Nezvalová a kol., 2010).

1.5.1 Obtížnost učení přírodních věd

Dle Johnstona (1991) existovaly doby, kdy se fyzika zabývala ničím menším než je cihla, biologie se dělila na taxonomickou a fyzikální a chemie se věnovala preparáty a jejich vlastnostmi objemovými a chemickými. Zkrátka vše bylo v jakýchsi uzavřených krabicích a nikdy se po žácích nepožadovalo, aby se podívali do více krabic najednou.

Johnston (1991) se zabýval myšlenkou, zda se v této době jednalo o vědu. Vznikly i různé programy jako Chem Study, P.S.S.C., B.S.C.S, jejichž snahou bylo řešit tyto otázky, které se týkaly vědy. Avšak to nadšení, že se jednalo o dobrou vědu, mohlo způsobit několik chyb, které ovlivnilo žáky. Jeden z faktorů, proč je výuka přírodních věd náročná z pohledu žáků, může být v samotném přenosu či metodách. Je možné, že malé úsilí bylo věnováno tématu, jak se vlastně mladí lidé učí.

Otázky, které učitelé přírodovědných věd pokládají žákům, nazývá ne-otázkami kupříkladu „Proč je tráva zelená?“ nebo „Proč je sklo křehké?“ Tyto ne-otázky se staly základem a obsahem formální školní vědy. Chemie je předmět abstraktní, jelikož obsahuje různé pojmy, které jsou náročné na představení. Všechny ty pojmy jsou mimo naše smysly, a protože žáci s tímto nemají zkušenosti, tak s touto vizualizací mohou mít problémy (Johnstone, 1991, s. 76-77).

1.5.2 Praktická výuka přírodních věd

Osborne (2015) tvrdí, že praktické výuky v rámci výuky přírodních věd je málo. Praktickou výuku považuje jako nezbytnou součást k pochopení samotných přírodních věd. Je dosti možné, že práce v laboratořích je využívána nesprávně a neefektivně. Ve Spojeném království je tato situace lepší než v ostatních zemích. Také hovoří o vědě jako o myšlenkách s tím, že k jejich testování slouží právě experimenty a jsou zároveň rozvojem těchto myšlenek. Právě zkušenost, kterou mohou žáci zažít na vlastní kůži, je nenahraditelná.

Definuje vědu jako soubor představ o hmotném a živém světě. I přesto, že je experiment důležitým prvkem ve vědě, tak není prvkem určujícím. Kupříkladu každodenní zkušenost nám říká, že den a noc je způsobena pohybujícím se Sluncem, zatímco věda nám říká, že je to způsobeno pohybující se Zemí (Osborne, 2015).

Kognitivní historici vědy ověřili, že myšlenky vědy jsou založené na šesti stylech uvažování. Prvním stylem uvažování je použití je matematická dedukce, což odpovídá použití matematiky k představení světa a k deduktivní argumentaci. Druhý se nazývá experimentální výzkum a znamená použití experimentálního vyšetřování ke stanovení vzorců, k odlišení jedné formy objektu od druhé a k testování předpovědí hypotetických modelů. Jako třetí styl se označuje hypotetické modelování, tedy konstrukce analogických a hypotetických modelů pro reprezentaci světa. Čtvrtý styl uvažování se nazývá kategorizace, pátý pravděpodobnostní myšlení a šestý historické evoluční myšlení. Nabídka popisu vědy by měla obsahovat prozkoumání každého z těchto zmíněných stylů uvažování a ve vědě by neměl dominovat pouze jeden, tedy ani pouze experimentální zkoumání (Osborne, 2015).

1.5.3 Jazyková obtížnost

Samotný jazyk ovlivňuje procesy myšlení, které jsou nezbytné k řešení jakéhokoli úkolu. Ukázalo se, že jazyk využívající se v chemii je dalším důvodem přehlcení informací. Studenti si například mysleli, že slovo „těkavý“ znamená „nestabilní“, „výbušný“ nebo „hořlavý“. Jeho vědecký význam „snadno se odpaří“ avšak studentům nebyl znám (Sirhan, 2007, s. 7).

Sirhan (2007) tvrdí, že oblast jazyka, včetně použití reprezentačních symbolik, potřebují pečlivé promyšlení. Jazyk může, jak pomáhat, tak i bránit vzájemnému působení s dlouhodobou pamětí. Taktéž je možným zdrojem přetížení informacemi. Žák tedy musí mít více příležitostí formulovat myšlenky a diskutovat o nich během prezentování. Tím by se mohla vyskytnout příležitost ke zviditelnění a naleznutí nedorozumění a zmatkům, což by mohlo umožnit žákům poupravit své myšlení a ujasnit si opět vlastní myšlenky.

2 Praktická část

2.1 Slaná chuť – zkouška na určení spodního podnětového prahu slané chuti

Senzorická část (Senzorická analýza):

Tato zkouška je určena ke stanovení nejnižší koncentrace roztoku. Připraví se deset až dvanáct vzorků před posuzovatele a překládají se před něj postupně dle vzrůstající intenzity vzorků. Jako práh rozpoznané chuti je uvedena ta koncentrace, při které byla rozpoznána odlišnost od čisté vody. Během sensorické analýzy je doporučeno vyplachovat ústa vodou (Pokorný a kol., 1999).

Pomůcky: kádinky, 20 průhledných kelímků, lihový fix, skleněné tyčinky, analytické váhy, lžička, plivátko

Chemikálie: 17,4 gramů kuchyňské soli (NaCl) bez jodu, voda

Připraví se roztok chloridu sodného o koncentraci 0, 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30 g/l

Postup práce:

Prvně si vytvoříme deset vzorků s různou koncentrací kuchyňské soli. První vzorek je bez kuchyňské soli, druhý je o koncentraci 1 g/l, třetí 3 g/l, čtvrtý 4 g/l, pátý 5 g/l, šestý vzorek má koncentraci 6 g/l, sedmý 8 g/l, osmý 10 g/l, devátý 20 g/l, desátý o koncentraci 30 g/l.

Nejprve si připravíme dvě stě mililitrů čisté vody. Poté si připravíme jednaprocentní roztok přidáním do dvě stě mililitrů vody 0,2 gramů kuchyňské soli. Na přípravu tříprocentního roztoku smícháme opět dvě stě mililitrů a 0,6 gramů soli. Přidáním 0,8 gramů soli do dvě stě mililitrů vody nám vznikne čtyřprocentní roztok. Abychom získali pětiprocentní roztok, tak musíme smíchat dvě stě mililitrů vody a jeden gram soli. Pro vznik šestiprocentního roztoku dáme dohromady 1,2 gramů soli a opět dvě stě mililitrů vody. Smícháním dvě stě mililitrů vody a 1,6 gramů soli připravíme osmiprocentní roztok. Na přípravu desetiprocentního roztoku je nutné smíchat dva gramy soli a dvě stě mililitrů vody. Aby nám vznikl dvacetiprocentní roztok, tak dáme do dvě stě mililitrů vody čtyři gramy soli. Pro přípravu třicetiprocentního roztoku je potřeba přidat ke dvě stě mililitrům vody šest gramů soli.

Do průhledných kelímků nalijeme v množství padesáti mililitrů vzorků o dané koncentraci a popíšeme lihovým fixem pomocí třímístných kódů.

Posuzovatelé ochutnávají dle vzrůstající koncentrace vzorky s roztoky kuchyňské soli s tím, že mají k dispozici plivátko. Jejich úkolem je určit ten vzorek, který se odlišuje od vody a zaznačit výsledky do hodnotitelského protokolu (Příloha 1)

Instrumentální část (Instrumentální analýza):

Pro měření používáme čidlo vodivosti, konduktometr, značky Vernier (*Conductivity Probe: Elektroda pro měření vodivosti*, 2023). Před každým měřením opláchneme hlavici čidla destilovanou vodou. Čidlo vkládáme do nádoby se vzorkem s tím, že by otvor měl být zcela ponořený. Měřenou hodnotu necháme ustálit a poté si hodnoty poznamenejeme. Na závěr opláchneme čidlo vodivosti destilovanou vodou. Podrobnější popis naleznete na stránkách Vernier.

Výsledky, které hodnotitelé získali během senzoričké analýzy, jsou porovnány s výsledky měření.

2.2 Kyselá chuť – seřazení vzorků podle kyselosti pomocí pořadové zkoušky

Senzoričká část (Senzoričká analýza):

Posuzovatelé dostanou tři nebo více vzorků v náhodném pořadí, kdy jejich úkolem je seřadit podle koncentrace, tedy od nejméně kyselého po nejkyselější roztok. Avšak se nedoporučuje podávat více než pět až šest vzorků. (Ježek, 2014)

Pomůcky: kádinky, 8 průhledných kelímků, lihový fix, odměrný válec, analytické váhy, lžička, skleněné tyčinky, plivátko

Chemikálie: 1,3 g kyseliny citronové, voda

Připravíme si roztok kyseliny citronové o koncentraci 0,5 g/l, 1 g/l, 1,5 g/l a 2 g/l.

Postup:

Prvně si vytvoříme čtyři vzorky, které budou obsahovat různé množství kyseliny citronové. Připravíme si vzorky kyseliny citronové o následující koncentraci: 0,5 g/l, 1 g/l, 1,5 g/l a 2 g/l. Podstatné je, abychom si vybrali pouze jeden druh kyseliny citronové z důvodu rozdílné chuti a kyselosti.

Prvně si smícháme jednu desetinu gramů prášku kyseliny citronové se dvě stě mililitry vody, tak vytvoříme roztok o koncentraci 0,5 g/l. Pokud chceme připravit roztok o koncentraci 1 g/l, tak přidáme ke dvě stě mililitrům vody dvě desetiny gramů kyseliny. Abychom získali roztok o koncentraci 1,5 g/l, tak smícháme dvě stě mililitrů vody se čtyřmi desetinami kyseliny. Nakonec k přípravě roztoku o koncentraci 2 g/l si odměříme dvě stě mililitrů vody a do ní zamícháme šest desetin gramů kyseliny citronové.

Do každého průhledného kelímku nalijeme v množství padesáti mililitrů vzorků o určité koncentraci a poté popíšeme lihovým fixem pomocí třímístných kódů.

Posuzovatelé ochutnávají postupně podle vzrůstající koncentrace vzorky s roztokem kyseliny citronové. K dispozici mají plivátko. Jejich úkolem je seřadit tyto čtyři roztoky podle kyselosti od nejméně kyselého vzorku po ten nejkyselejší pomocí pořadové zkoušky a poté své výsledky zaznačit do hodnotitelského protokolu (Příloha 2).

Instrumentální část (Instrumentální analýza):

V této části jsou ověřeny hodnocení měření pomocí pH metru. Byl vybrán pH metr z důvodu nepřesnějšího měření. Čidlo Vernier PH-BTA prvně vyjmeme ze skladovacího roztoku a čidlo opláchneme destilovanou vodou. Zapojíme jej přes kabel do počítače, čidlo vložíme do vzorku, který chceme změřit a můžeme přes počítač sledovat hodnoty pH. Jakmile se hodnoty pH ustálí, zapíšeme si je. Po každém měření opláchneme opět čidlo destilovanou vodou. Jakmile měření skončíme, tak opět čidlo opláchneme destilovanou vodou a vložíme do skladovacího roztoku.

2.3 Hořká chuť – zkouška na určení rozdílových prahů základních chutí pomocí metody párové

Tato zkouška dle Pokorného a kol. (1999) slouží ke zjištění informace rozlišit dvě blízké intenzity jedné dané chuti a schopnost toto určení správně zopakovat. Tato zkouška na určení rozdílových prahů základních chutí je provedena pomocí zkoušky párové, kdy se před hodnotitele předloží sedm párů vzorků o daných dvou koncentracích.

Senzorická část (Senzorická analýza):

Pomůcky: 28 průhledných kelímků, dvě litrové kádinky, analytické váhy, lžička, lihový fix, plivátko

Chemikálie: devět desetin gramů kofeinu, voda

Připravíme si roztok kofeinu o koncentracích 0,2 g/l a 0,7 g/l.

Postup:

Prvně si vytvoříme dva vzorky, které budou obsahovat různé množství kofeinu. Připravíme si vzorky kofeinu o koncentraci 0,2 g/l a 0,7 g/l.

Prvně si smícháme dvě desetiny gramů kofeinu s litrem vody, tak vytvoříme roztok o koncentraci 0,2 g/l. Pokud chceme získat roztok o koncentraci 0,7 g/l, tak přidáme k litru vody sedm desetin gramů kofeinu.

Do každého kelímku, který je průhledný, nalijeme v množství šedesáti mililitrů vzorků o koncentraci 0,2 g/l a 0,7 g/l po sedmi párech každý vzorek o jedné koncentraci a poté popíšeme lihovým fixem pomocí třímístných kódů.

Hodnotitelé ochutnávají vzorky s roztokem kofeinu o různé koncentraci. Opět můžou vzorky pouze ponechat určitou dobu v ústech a poté plivnout do plivátka. Jejich úkolem je posoudit, zda je mezi těmito vzorky rozdíl a poté své výsledky zaznačit do hodnotitelského protokolu Příloha 3)

Instrumentální část (Instrumentální analýza):

Měření probíhá pomocí metody spektrofotometrie. Spektrofotometr značky Vernier připojíme přes kabel do počítače a počkáme několik sekund, než se světelný zdroj spektrofotometru nažhaví. Z připravených vzorků odebereme část, kterou nalijeme do kyvety pro spektrofotometr. Je vhodné si dávat pozor na správné vkládání kyvety do spektrofotometru. Tyto kyvety poté vložíme do šachty spektrometru. Vpravo od otvoru je označený zdroj bílého světla (bílá kolečka s paprsky). Světlo prosvítí kyvetu, kdy jednotlivé vlnové délky jsou různě pohlceny. Detektor změří množství světla jednotlivých vlnových délek. Před samotným měřením vzorků provedeme kalibrační měření s prázdnou kyvetou. Následně již můžeme měřit absorbanci pro jednotlivé vzorky.

2.4 Porovnání výsledků měření s výsledky senzorické analýzy

Subjektivní měření probíhalo pomocí dvou hodnotitelů, kteří se zúčastnili senzorické analýzy v rámci chuti slané, kyselé a hořké. Své výsledky poté zaznamenaly do hodnotitelských protokolů. Při přípravě vzorků k hodnocení je vhodné se řídit určitými pravidly tak, jak je naznačeno v kapitole 1.1.6. Je také důležité následovat postup, který se nachází v kapitole 1.1.7 a 1.1.8. Byla dodržena bezpečnost práce v laboratoři z důvodu splnění těchto podmínek.

Objektivní měření probíhalo prostřednictvím konduktometru, spektrofotometru a pH metru a slouží jako srovnávací prvek s výsledky senzorické analýzy, kterou prováděli hodnotitelé.

2.4.1 Slaná chuť

Posuzovatelé začali se slanou chutí. Jejich úkolem bylo označit vzorek, který se odlišoval od vody. Tento vzorek byl poté označen jako roztok s tzv. prahovou koncentrací. Pro senzorickou analýzu slané chuti byl pochopitelně použit roztok kuchyňské soli ve vodě.

Hodnotitel číslo jedna označil vzorek se čtyřprocentním roztokem. Druhý posuzovatel vybral jiný vzorek s pětiprocentním roztokem jako vzorek, při kterém rozpoznal odlišnosti od vody. Rozdíl prahové koncentrace je běžný, jelikož každý člověk má jinak citlivé chuťové pohárky. Zpřesnění informací by jistě přinesl vyšší počet respondentů, stejně tak i bližší informace o nich, jako např. zda běžně konzumují slané pokrmy a jídlo si přisolují.

Výsledky chuťové zkoušky se shoduje s výsledkem uvádějí Pokorný a kol. (1999), kteří jako prahovou koncentraci slané chuti uvádějí pět gramů kuchyňské soli (chloridu sodného) na litr.

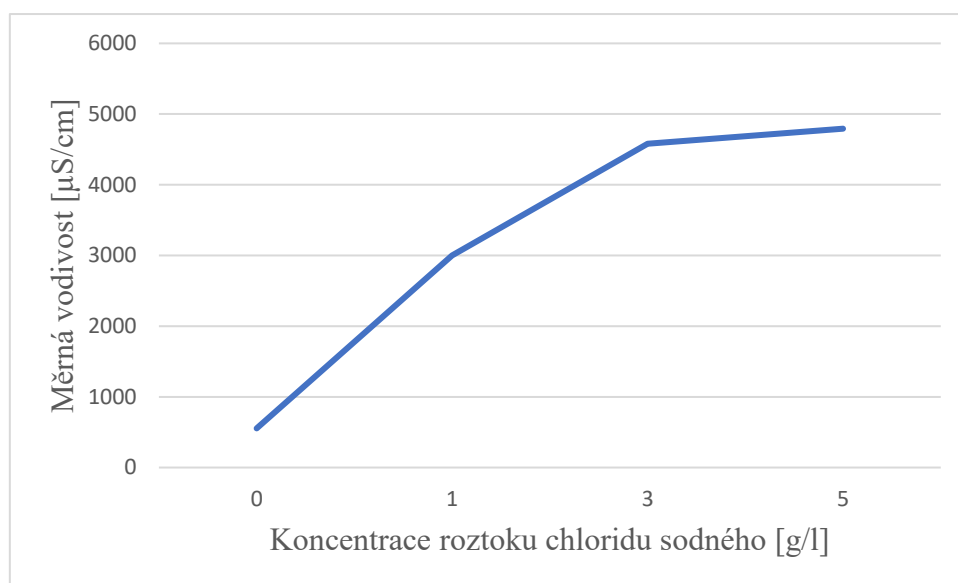
Ve druhé fázi respondenti ověřovali přesnost svých chuťových sensorů instrumentálně. V tomto případě použili konduktometr, kterým měřili vzorek destilované vody a 3-5 roztoků o známé koncentraci chloridu sodného. K měření byly použity koncentrace 1, 3 a 5 g/dm⁻³. Měrná vodivost vody u vzorku s vodou byla změřena na 554 μS/cm. Edukační potenciál této fáze spočívá jednak v měření, práci s daty, ale i s jejich porovnáním. V tomto případě šlo o studenty učitelství, a tak je výukový potenciál pouze naznačena tato část úlohy nebyla dotažena až do konce. Nabízí se porovnání naměřené hodnoty s tabulkovými hodnotami (voda pro analytické účely má dle lékopisu měrnou vodivost do hodnoty 4,3 μS/cm jde o mírně vyšší hodnoty. Dalším krokem je pak porovnání s maximem pro vodu pitnou (do 1000 μS/cm). Opět se zde otevírá téma druhů vody podle obsažených

materiálů, smysl destilace i potenciální nebezpečí dlouhodobější konzumace destilované vody.

U roztoků chloridu sodného se měrná vodivost samozřejmě zvyšovala s rostoucí koncentrací, což opět nabízí ukotvení termínů *zředěnější a koncentrovanější roztok*. U vzorku s roztokem soli o koncentraci 1 g/l vyšla měrná vodivost 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a u roztoku soli o koncentraci 3 g/l byla měrná vodivost 4579 $\mu\text{S}/\text{cm}$. U posledního měřeného vzorku s roztokem kuchyňské soli o koncentraci 5 g/l vyšla měrná vodivost 4793 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

V grafu 1 jsou znázorněny závislosti měrné vodivosti na koncentraci roztoků chloridu sodného. Z grafu mohou žáci vyčíst, že se vzrůstající koncentrací roste taktéž měrná vodivost, a tyto koncepty tak mohou lépe chápat v souvislostech.

Jako pokračující aktivita se pak nabízí diskuse nad využitím roztoků o konkrétní vodivosti v praxi.



Graf 1: graf závislosti měrné vodivosti na koncentraci roztoku chloridu sodného

2.4.2 Kyselá chuť

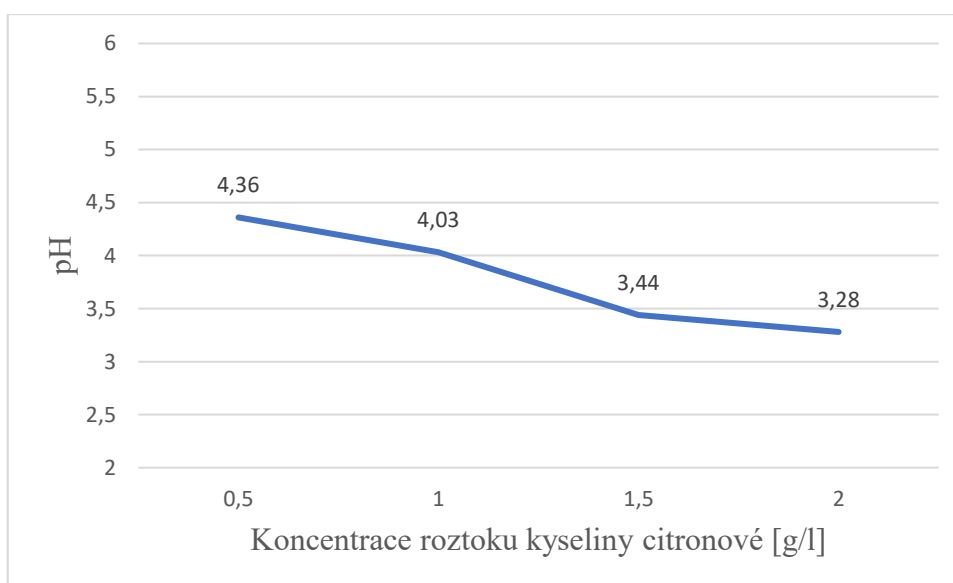
Hodnotitelé dostali před sebou úlohu pro kyselou chuť s pomocí pořadové zkoušky. K sensorické analýze kyselé chuti byly využity roztoky kyseliny citronové. Úkolem hodnotitelů bylo seřadit vzorky podle kyselosti, tedy od nejméně kyselého vzorku až po ten nejkyselější. Výsledky posuzovatelů byly totožné a zároveň seřazeny správně, tedy dle vzrůstající koncentrace (0,5 g/l, 1g/l, 1,5 g/l a 2g/l).

Zde se opět nabízí potenciál práce s větším vzorkem. Zároveň je možné srovnávat např. schopnost hodnotit kyselost roztoku poté, co konzumovali sycený nápoj, sladký nápoj apod.

Dalším úkolem bylo zhodnocení příjemnosti, kdy jako nejpříjemnější vzorek označili nejméně koncentrovaný roztok. Výsledek chuťové zkoušky se shoduje s výsledkem, který popisují Ježek a Saláková (2012), kteří uvádějí, že absolutní hodnota maxima příjemnosti kyselé chuti bývá nižší.

Tuto aktivitu rovněž následovalo experimentální ověření senzorem. Pomocí pH metru se změřilo pH daných vzorků. U roztoku kyseliny citronové o koncentraci $0,5 \text{ g/dm}^{-3}$ bylo naměřeno pH 4,36. Roztok kyseliny citronové o koncentraci 1 g/dm^{-3} vyšlo pH 4,03 a následně u vzorku s roztokem kyseliny o koncentraci $1,5 \text{ g/dm}^{-3}$ bylo změřeno pH 3,44. Hodnota pH u posledního naměřeného vzorku s roztokem kyseliny o koncentraci 2 g/dm^{-3} byla 3,28.

Graf 2 zobrazuje závislost pH na koncentraci roztoku kyseliny citronové. Žákům je tak zřejmé, že čím větší je koncentrace roztoku kyseliny (citronové), tím je nižší je jeho pH.



Graf 2: graf závislosti pH na koncentraci roztoku kyseliny citronové

Navazující aktivitou by mohlo být modelování kyselosti běžně konzumovaných či jinak používaných roztoků. Žáci si tím mají možnost prohloubit porozumění vztahům koncentrace a kyselosti a zároveň nepřímé úměrnosti kyselosti a hodnoty pH.

Populární jsou zvláště pokusy s Coca Colou (Šubová, 2017; Zoufalá, 2017). Zařazením této problematiky se otevírají další témata spojená se sensorickou analýzou, především pak maskování sladké chuti kyselou.

2.4.3 Hořká chuť

Senzorika hořké chuti typicky pracuje s kofeinem, což uvádí také Ježek a Saláková (2012). Hodnotitelé v tomto případě měli před sebou metodu párové zkoušky, kdy měli posoudit, zda se mezi danými vzorky vyskytuje rozdíl či ne. Jejich výsledky ukazují, že rozpoznali rozdíl s tím, že označili správně vzorek, který byl slabší (méně hořký) a vzorek, který byl silnější (více hořký). Je zajímavé, že každý z hodnotitelů označil na škále od 1 do 10 vzorky dle hořkosti jiný stupeň hořkosti. Úloha tak opět (žákům) ukazuje, že každý je různě citlivý na hořkou chuť a vnímá ji rozdílně.

Hodnotitelé se také zaměřili na preference příjemnosti. Měli na ose zaznačit vzorky, jejichž chuť hodnotí jako příjemnou nebo nepříjemnou. Výsledky se od posuzovatelů liší. Jeden hodnotitel uvedl jako příjemný vzorek kofeinu, který byl méně koncentrovaný a druhý posuzovatel označil jiný vzorek, který je koncentrovanější. Může to být způsobeno například pitím kávy, toniků, které jsou hořké, a tím je posuzovatel zvyklý na hořkou chuť, proto považuje tuto chuť za příjemnou.

Ze všech tří zkoumaných chutí hodnotili posuzovatelé hořkou chuť jako nejméně příjemnou. Výsledek příjemnosti hořké chuti od hodnotitelů se shoduje s výsledkem, který uvádí Ježek a Saláková (2012) zmiňující, že absolutní hodnota maxima příjemnosti je velmi nízká u hořké chuti.

Pokorný a kol. (1998) tvrdí, že se optimální příjemnost u hořké chuti projevuje při vyšších koncentracích, pokud se zde také objevuje sacharóza či jiné cukry. Je to z toho důvodu, že danou chuť člověk vnímá jako slabší. Následující aktivitou by mohlo tedy být hodnocení látky, která obsahuje jak hořkou, tak i sladkou chuť (sacharózu). Poté by mohli tyto dvě aktivity porovnat z hlediska pozorování a výsledků. Tím by mohli ověřit skutečnost, že jedna z chutí je vnímána jako slabší.

Pro žáky středních škol, u nichž je již zkušenost s kávou předvídatelná, se tak otevírá možnost diskutovat dva hlavní druhy kávy arabica a robusta a hodnoty jejich hořkosti/kyselosti a samozřejmě preference. Se zletilými žáky je zde možné problematiku rozšířit o otázku sensorické analýzy piv co do hořkosti.

Ve druhé fázi této úlohy respondenti měřili roztoky prostřednictvím spektrofotometru. Jako u ostatních měření byl nejprve využit školní spektrofotometr značky Vernier, avšak vzhledem k anomálním výsledkům bylo měření provedeno ještě s využitím

spektrofotometru Specord Plus. Tímto se tato úloha odklání od možného využití na základní či střední škole, což ale bude v dalším pokračování této práce optimalizováno.

Proběhlo měření absorbance při vlnové délce 270 nm . Hodnota absorbance u vzorku s roztokem kofeinu o koncentraci $0,2\text{ g/l}$ vyšla $0,1459$ a hodnotu absorbance u druhého vzorku o koncentraci $0,7\text{ g/l}$ přístroj vyhodnotil na $0,2365$.

Nabízí se zde úloha pro žáky, kde si na základě vědomostech o Lambertově-Beerově zákoně budou moct vyvodit, kolik světla bylo pohlceno vzorkem. Princip tohoto zákona je podrobněji popsán v kapitole 1.4.4. Při předpokladu, že žáci ví, co nám udává absorbance, tak mohou dojít k výsledku, že v tomto případě bylo pohlceno u méně koncentrovaného roztoku kofeinu méně světla na rozdíl od vzorku druhého, roztoku kofeinu, který byl více koncentrovaný.

Další částí této úlohy by mohlo být vypočítání z Lambertova-Beerova zákona hodnotu molárního absorpčního koeficientu, čímž by mohli kupříkladu rozvíjet kompetence k řešení úloh a schopnosti úpravy rovnic. Tímto je možné docílení lepšího pochopení tématu Lambertova-Beerova zákona u žáků v souvislosti s analytickými metodami.

Příkladem může být použití již zjištěných výsledků z praktické části této práce v rámci získaných hodnot absorbancí ze spektrofotometru. Při roztoku o koncentraci $0,2\text{ g/l}$ si žáci vypočítají nejprve molární koncentraci tak, že hmotnost kofeinu vydělí molární hmotností kofeinu, což odpovídá $0,00103\text{ mol/l}$. Po dosazení do rovnice ($\epsilon = \frac{A}{c} \cdot d$), nám vyjde molární absorpční koeficient $141,65\text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Při roztoku o koncentraci $0,7\text{ g/l}$ se můžou žáci řídit stejným postupem, kdy molární koncentrace vyjde $0,00360\text{ mol/l}$ a následně po dosazení do rovnice, viz výše, nám vyjde molární absorpční koeficient $65,7\text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Pro zjištění přesného molárního absorpčního koeficientu je potřeba k měření vícero vzorků a poté výsledky všech molárních absorpčních koeficientů zprůměrovat. Během měření můžou nastat možné chyby laboranta i možné odchylky laboratorní techniky.

Poté co budou mít žáci své výsledky z měření, tak se je možné diskutování nad touto problematikou, kdy si žáci vyzkouší vyvodit své závěry. Jedním z výsledků by mohlo být, že při zvýšené koncentraci se zvýšila taktéž absorbance. Přijatelným závěrem je také to, že molární koncentrace je přímo úměrná absorbanci, což taktéž potvrzuje Lambertův-Beerův zákon.

Zpětná vazba od hodnotitelů

Posuzovatelé, kteří se účastnili této výukové aktivity, měli pozitivní dojmy a aktivitu hodnotí jako vhodné praktické doplnění do výuky, které rozvíjí schopnosti vnímání svých chutí. Cítili se během aktivity příjemně a komfortně. Jako možnosti k vylepšení uvedli kupříkladu zařazení hodnocení vizuální a pachové. Jako další námět by také rádi vyzkoušeli další chutě na základě dalších potravin, kupříkladu jako rozlišení sladké chuti by vybrali čokoládu.

Strukturu a organizaci laboratorní aktivity hodnotili pozitivně s tím, že byly předem vysvětleny důležité informace k jejich provedení. Co se týče dalších experimentů či technik, které by zakomponovali do aktivity, tak by zvolili například hodnocení dalších produktů a některých jejich alternativ (mléko a bezlaktózové mléko). Jako nástroje k lepšímu porozumění chemickým procesům v laboratoři by vybrali vizuální materiály, kupříkladu podklady k porozumění používaným nástrojem. Práci během této aktivity v laboratoři posuzují jako bezpečnou.

Délka této výukové aktivity pro posuzovatele byla dle jejich názoru delší, než očekávali. Tempo hodnotí pozitivně. Největší výzvou bylo chutnání hořké chuti, jelikož bylo náročné rozlišit rozdíl mezi zkoumanými vzorky kofeinu. Z tohoto důvodu bylo potřeba chutnání vzorků opakovat více než jednou. Další velkou výzvou pro ně bylo to, že nebyli schopni si zpočátku představit, jak moc silnou chuť budou vzorky mít a byly překvapení z intenzity chuti.

Práci se slanou a kyselou chutí hodnotí pozitivně s tím, že bylo snadné rozpoznat odlišnosti vzorků. Avšak práce s hořkou chutí byla pro ně náročnější, co se týká odlišnosti mezi vzorky s roztokem kofeinu o různé koncentraci. Hodnotitelské protokoly, do kterých vyplňovali své výsledky, hodnotí kladně s tím, že způsob vyplňování bylo v tomto případě jasné a snadné.

Tato výuková aktivita se jim jevila méně náročná z pohledu vědomostí, zatímco z pohledu citlivosti a samotné vnímání chuťových pohárků hodnotí jako náročnější. Celkově byla pro ně tato aktivita srozumitelná a pochopitelná, a právě vysvětlení aktivity předem včetně postupu hodnocení a kroků týkající se celkového postupu jim dávalo pocit lepšího porozumění.

3 Diskuse

V této práci byly navrženy experimentální aktivity zaměřené na chuť, senzoryckou analýzu a také instrumentální metody. Propojení uvedených aktivit je pokusem o kontextualizaci vzdělávacího obsahu oboru chemie ve snaze motivovat práci žáků a studentů.

Výše uvedená výuková aktivita senzorycké analýzy byla ověřena na dvou studentech studijního programu učitelství chemie, což považuji za limit práce a bylo by vhodné do budoucna ji ověřit na větším počtu studentů, popřípadě i ve školní praxi. Dle reakcí a hodnocení studentů byly následně provedeny úpravy například ve způsobu struktury hodnotitelských protokolů. Tato aktivita byla prováděna komplexně tím způsobem, že první proběhla senzorycká analýza prostřednictvím hodnotitelů a poté se jejich výsledky ověřovaly na přístrojích konduktometru, spektrofotometru a pH metru.

I přestože byly roztoky namíchány předem a před hodnotitele byly předloženy již připravené vzorky, tak by bylo možné nechat tuto aktivitu a iniciaci na studentech. Toto pojetí lépe odpovídá využití ve škole, kdy je z důvodu bezpečnosti nezbytné, aby žáci chutnali pouze roztoky, které jim namíchal učitel. Příprava pokusů pro měření pak může být v jejich režii. Tímto způsobem si za dodržení bezpečnostních pravidel můžou žáci procvičit dovednost míchání roztoků, vážení, měření včetně tématu chemických výpočtů. Je také možnost práce na již zmíněných přístrojích ze strany studentů, kdy si mohou vyzkoušet aplikaci a vyhodnocení výsledků.

Během provádění této výukové aktivity na studentech by měl být brán zřetel na teoretickou část, kdy by student měl porozumět míchání roztoků a zároveň jeho chování při zvýšené či snížené koncentraci. Pokud by byla tato aktivita zasazena do praktické výuky chemie, tak je možná pravděpodobnost docílení lepšího zapamatování poznatků a lepšího představení tématu analytických metod u studentů. Nabízí se samozřejmě i varianta, kdy je tato aktivita zařazena přímo do expoziční fáze výuky, a měřené veličiny jsou žákům představovány na těchto konkrétních příkladech. Dle mého názoru by teoretické znalosti ve výuce chemie měly být probírány, ale zároveň i procvičovány v laboratorních cvičeních už jen z toho důvodu, aby žáci věděli, že chemie není pouze o teoretické stránce, ale i o stránce praktické.

Vzhledem k časové náročnosti bylo vybráno ke zkoumání menší množství látek a také byly využity pouze tři základní chutě, tedy slaná, kyselá a hořká. Proto je tato práce příležitostí k budoucímu pokračování a taktéž vylepšení situací, které se nezdařily. Nabízí se zvýšit

počet respondentů, zjištění vlastností a vztahu k solení a používání kyselých látek jako například citronu a kyseliny citronové či hořkých potravin. Dále by bylo vhodné zajištění informací o jídle a pití hodnotitelů, které v den hodnocení požili.

Tyto aktivity naleznou využití v praktické výuce chemie na školách za předpokladu, že budou dodržena určitá pravidla a bezpečnost. Provedení aktivity je možné, i přestože je v laboratoři zakázáno jíst a pít. V našem případě hodnotitelé pouze ochutnají vzorek a následně jej vyplivnou. Další podmínkou při přípravě vzorků je dodržení čistého nádobí, ve kterých se předtím nepoužívaly žádné chemikálie. Posuzovatelé by měli chutnat a hodnotit pouze ty vzorky, které připraví učitel. Tím minimalizujeme pravděpodobnost záměny vzorků s jinými chemikáliemi. Pokud by se nezletilý žák chtěl hodnocení účastnit, tak by bylo vhodné zařídit informovaný souhlas ze strany rodičů o možnosti účasti na této aktivitě. Ale především je důležité žáky proškolit i s ohledem na pravidla bezpečnosti práce.

4 Závěr

Senzorická analýza je hojně využívanou metodou. V této práci byl vysvětlen její princip, metody, obecné zásady, příprava a postup při hodnocení vzorků, a to včetně bezpečnosti pro možnosti využití ve škole. To může ověřovat navržená výuková aktivita týkající se slané, kyselé a hořké chuti v rámci praktické výuky chemie.

Toto téma jsem si vybrala, poněvadž mě zaujalo samotné propojení těchto dvou témat a také z tohoto důvodu, že jsem chtěla přispět zvýšení zájmu studentů (popřípadě žáků) o analytické metody prostřednictvím vnímání smyslu chuti. Nenáročnost postupů může u žáků vést k tomu, že se koncentrují na dovednosti využitelné v přírodovědném experimentu jako je schopnost samotného přemýšlení nad problémy a schopnost propojovat informace, pozorování, měření, zásady bezpečnosti práce a význam jejich dodržování. Žáci mohou díky této aktivitě získat potřebné nadšení do chemie právě důrazem na praktické propojování teorie s pokusy, pozorováním a měřením.

V rámci výukové aktivity byly využity ty látky, se kterými se studenti i žáci můžou nejčastěji setkat a jsou pro ně tedy známé. Mezi vybrané látky ke zkoumání byly vybrány kuchyňská sůl (chlorid sodný), kyselina citronová a kofein, coby klasické látky při senzorické analýze, také byly využity během měření na přístrojích jako je konduktometr, spektrofotometr a pH metr, které slouží jako ověřovací prvek této práce.

Pokračováním této práce může být v rámci výukových aktivit využití většího množství zkoumaných látek, také dalších chutí a jejich ověření na větším počtu respondentů, tedy žáků a studentů na určitých školách. Na základě těchto podkladů by mohly být navrženy další aktivity, které budou rozvíjet jak kompetence k učení žáků a studentů, tak i schopnosti řešení problémových úloh. Je možné zachování struktury výukových aktivit jako je v této práci, tedy rozdělení praktické části na senzorickou a instrumentální část.

Senzorická analýza by mohla být tak přínosem pro žáky tím, že budou mít možnost si vyzkoušet kupříkladu vnímání citlivosti a intenzity dalších chutí jako je sladká chuť. Následně se žáci zaměří na stanovení spodního podnětového prahu chutí na dalších látkách. Součástí může taktéž být hodnocení vizuální a čichové. Poté si mohou žáci a studenti během instrumentální analýzy vyzkoušet měření na různých přístrojích využívaných v rámci analytických metod, díky kterým si budou moct ověřit své výsledky a navzájem je porovnat.

Budoucí aktivity mohou rozvíjet schopnosti pracovat se svými smysly a přístroji, dovednosti měřit a vyhodnocovat data. Tím by mohlo být zajištěno lepšího pochopení tématu analytických metod prostřednictvím sensorické analýzy ze strany žáků a studentů.

5 Použitá literatura

- Andrlík, K., & Schlemmer, J. (1964). *Analytická chemie*. Státní nakladatelství technické literatury.
- Ashok, P. K., & Upadhyaya, K. (2012). Tannins are astringent. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 1(3), 45-50.
<https://www.phytojournal.com/archives/2012/vol1issue3/PartA/8.1.pdf>
- Bartoš, M., Šrámková, J., Staněk, V., Renger, F., & Kalous, J. (2011). *Analytická chemie*. Univerzita Pardubice. https://www.researchgate.net/profile/Martin-Bartos-4/publication/40334533_Analyticka_chemie_I/links/5695fb4808aeab58a9a51600/Analyticka-chemie-I.pdf
- Behrens, M., & Meyerhof, W. (2006). Bitter taste receptors and human bitter taste perception. *Cellular and molecular life sciences: CMLS*, 63(13), 1501-1509.
<https://doi.org/10.1007/s00018-006-6113-8>
- Behrens, M., & Meyerhof, W. (2013). Bitter taste receptor research comes of age: from characterization to modulation of TAS2Rs. *Seminars in cell & developmental biology*, 24(3), 215-221.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2012.08.006>
- Bobrovová, Z. (2008). Umělá sladidla a jejich bezpečnost. *Edukafarm, Praha*, 2, 69-72.
<http://www.edukafarm.cz/soubory/farminews-2008/069-072-sladidla-lekarnik.pdf>
- Buňka, F., Hrabě, J., & Vospěl, B. (2010). *Senzorická analýza potravin I*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- Conductivity Probe: Elektroda pro měření vodivosti*. (2023).
<https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/CON-BTA>
- Čejka, P., Kellner, V., Čulík, J., Horák, T., & Jurková, M. (2002). *Moderní metody hodnocení výsledků senzorické analýzy*
https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Kellner/publication/325149433_Modern_Methods_for_Evaluation_of_Sensorial_Analyse_Results/links/5b014836aca2720ba0977fba/Modern-Methods-for-Evaluation-of-Sensorial-Analyse-Results.pdf
- Číž, K. (2008). Alternativní sladidla. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 124(9-10).
https://cloud-9.edupage.org/cloud/ucivo_vap_nahradni_sladidla.pdf?z%3AiWUhpIBxb0%2BI5G75lmftG%2B1Rdnyi1sMHuGhDOQkPEfIFuKzRvE%2Bv59uJzaKmk6
- Čopíková, J., Moravcová, J., Wimmer, Z., Opletal, L., Lapčík, O., & Drašar, P. (2013). Náhradní sladidla. *Chemické listy*, 107(11), 867-874. <http://ww-w.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/732>
- Čopíková, J., Wimmer, Z., Lapčík, O., Cahlíková, L., Opletal, L., Moravcová, J., & Drašar, P. (2014). Přírodní látky svíravé a trpké chuti. *Chemické listy*, 108(11), 1053-1057.
<http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/437/437>
- Dias, R. C. E., Alves, S. T., & de Toledo Benassi, M. (2013). Spectrophotometric method for quantification of kahweol in coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(1), 137-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.04.001>
- Drewnowski, A. (2001). The science and complexity of bitter taste. *Nutrition reviews*, 59(6), 163-169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2001.tb07007.x>
- EA-4/09. (2004). Akreditace laboratoří působících v oblasti senzorického zkoušení.
https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2019/02/01_08-P006_EA_04_09_G_201801181.pdf

- Fořt, P., & Mach, I. (2014). *Nevíte, co jíte*. BizBooks.
https://books.google.com/books?hl=cs&lr=&id=dCwnCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=nev%C3%ADte+co+j%C3%ADte&ots=ZgwaCf_v2a&sig=Y06t1h16RYkE8eaSSNDifxZIC-Y
- Frank, H. E., Amato, K., Trautwein, M., Maia, P., Liman, E. R., Nichols, L. M., Schwenk, K., Breslin, P. A., & Dunn, R. R. (2022). The evolution of sour taste. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1968).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1918>
- Grubb, J. A., Limaye, H. S., & Kakade, A. M. (2007). Testing pH of concrete. *Concrete international detroit*, 29(4), 78.
https://www.academia.edu/download/50923194/ph_of_Concrete.pdf
- Holzbecher, Z., Churáček, J., & kol., a. (1987). *Analytická chemie*. SNTL - Nakladatelství technické literatury.
- Huang, A. L., Chen, X., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Guo, W., Tränkner, D., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (2006). The cells and logic for mammalian sour taste detection. *Nature*, 442(7105), 934-938. <https://doi.org/10.1038/nature05084>
- Chandrashekar, J., Mueller, K. L., Hoon, M. A., Adler, E., Feng, L., Guo, W., Zuker, C. S., & Ryba, N. J. (2000). T2Rs function as bitter taste receptors. *Cell*, 100(6), 703-711.
- Jelínek, J., & Zicháček, V. (2014). *Biologie pro gymnázia*. Nakladatelství Olomouc.
- Jeník, R. (2017). *Netradiční spektrofotometrie s přístroji Vernier a mobilními telefony DSpace Repository* [Bakalářská práce, Technická universita v Liberci, fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická]. Archiv online závěrečných prací Liberec. Liberec. <https://dspace.tul.cz/handle/15240/60712>
- Ježek, F. (2014). *Senzorická analýza potravin: návody na cvičení*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. <https://fvhe2.vfu.cz/files/senzoricka-analyza-potravin---navody-na-cviceni.pdf>
- Ježek, F., & Saláková, A. (2012). *Senzorická analýza potravin*. MMP. Veterinární a farmaceutická. https://fvhe.vfu.cz/files/skripta-senzorika_2012.pdf
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75-83.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Kameník, B. (1986). *Obecná a anorganická chemie*. SPN.
- Kekule, M., & Žák, V. (2001). Zahraniční standardizované nástroje pro zjišťování zpětné vazby z výuky přírodních věd. Smíšený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu, Brno: Masarykova univerzita.
- Kilcast, D. (2010). *Sensory analysis for food and beverage quality control: a practical guide*. Elsevier.
<https://books.google.com/books?hl=cs&lr=&id=w4hwAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=KILCAST,+D.+Sensory+analysis+for+food+and+beverage+quality+control.+A+practical+guide&ots=aEbVIYxwDA&sig=j3cux93RUOT7eeK7YaseWTPakk0>
- Klouda, P. (1996). *Moderní analytické metody: učebnice základních instrumentálních analytických metod*.
- Klouda, P. (2016). *Moderní analytické metody*. Pavel Klouda-nakladatelství Pavko.
- Křížek, M., & Šíma, J. (2015). *Analytická chemie*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
http://kch.zf.jcu.cz/vyuka/download/Analyticka_chemie_komplet.pdf

- Křížek, M., Šíma, J., & Budějovice, Č. (2015). *Analytická chemie*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
- Lapčík, O., Čopíková, J., Uher, M., Moravcová, J., & Drašar, P. (2007). Necukerné přírodní látky sladké chuti. *Chemické listy*, 101(1).
https://old.vscht.cz/chem_listy/docs/full/2007_01_44-54.pdf
- Lapčík, O., Opletal, L., Moravcová, J., Čopíková, J., & Drašar, P. (2011). Přírodní látky a jejich deriváty chuti pálivé. *Chemické listy*, 105, 452-457.
https://www.researchgate.net/profile/Lu-Opletal/publication/286356017_Natural_Compounds_and_Their_Derivatives_of_Hot_or_Pungent_Taste/links/5694226608aeab58a9a2e0c7/Natural-Compounds-and-Their-Derivatives-of-Hot-or-Pungent-Taste.pdf
- Lapčík, O., Wimmer, Z., Opletal, L., Moravcová, J., Čopíková, J., & Drašar, P. (2015). Přírodní látky kyselé chuti. *Chemické listy*, 109(7), 488-491. <http://chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/340/340>
- Lawless, H. T. (2012). *Laboratory exercises for sensory evaluation*. Springer Science & Business Media.
https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=3aqKWFCfmegC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Laboratory+exercises+for+sensory+evaluation&ots=hEs6HQewIP&sig=rx-eR-oqwMvottbX4IbU17JzfNQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Laboratory%20exercises%20for%20sensory%20evaluation&f=false
- Lawless, H. T., Schlake, S., Smythe, J., Lim, J., Yang, H., Chapman, K., & Bolton, B. (2004). Metallic taste and retronasal smell. *Chemical Senses*, 29(1), 25-33.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/chemse/bjh003>
- Lawless, H. T., Stevens, D. A., Chapman, K. W., & Kurtz, A. (2005). Metallic taste from electrical and chemical stimulation. *Chemical Senses*, 30(3), 185-194.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/chemse/bji014>
- Linda M. Poste, Deborah A. Mackie, Gail Butler, & Larmond, E. (1991). *Laboratory Methods for Sensory Analysis of Food*. Elsevier.
- Mennella, J. A., Bobowski, N. K., & Reed, D. R. (2016). The development of sweet taste: From biology to hedonics. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 17, 171-178. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11154-016-9360-5>
- Nezvalová, D., Bílek, M., & Hrbáčková, K. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání. *Inovace v přírodovědném vzdělávání*, 55-67.
<http://zvyp.upol.cz/publikace/nezvalova1.pdf#page=55>
- Novotný, I., & Hruška, M. (2015). *Biologie člověka: pro gymnázia*. Fortuna.
- Ong, J.-S., Hwang, L.-D., Zhong, V. W., An, J., Gharahkhani, P., Breslin, P. A., Wright, M. J., Lawlor, D. A., Whitfield, J., & MacGregor, S. (2018). Understanding the role of bitter taste perception in coffee, tea and alcohol consumption through Mendelian randomization. *Scientific reports*, 8(1), 16414.
<https://www.nature.com/articles/s41598-018-34713-z>
- Opletal, L., Čopíková, J., Uher, M., Lapčík, O., Moravcová, J., & Drašar, P. (2007). Přírodní látky hořké chuti. *Chemické listy*, 101, 895-906. <https://adoc.pub/prirodni-latky-hoke-chuti-lubomir-opletal-a-jana-opikova-b-mi.html>
- Opletal, L., Wimmer, Z., Čopíková, J., Lapčík, O., Moravcová, J., Cahlíková, L., & Drašar, P. (2011). Slaná chuť přírodních látek a jejich derivátů. *Chem. Listy*, 105, 761-765.
https://www.researchgate.net/profile/Lu-Opletal/publication/286355623_Salty_and_Metallic_Taste_of_Natural_Compound

- [s_and_Their_Derivatives/links/569421b908ae3ad8e33b6379/Salty-and-Metallic-Taste-of-Natural-Compounds-and-Their-Derivatives.pdf](#)
- Osborne, J. (2015). Practical Work in Science: Misunderstood and Badly Used? *School science review*, 96(357), 16-24.
<https://nosyevolucion.files.wordpress.com/2015/10/ssr-june-2015-016-024-osborne.pdf>
- Papáček, M. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 1(1), 33-49.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14712/18047106.4>
- Plucková, I., Šibor, J., & Mach, J. (2015). *Chemie: Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů*. Nová škola, s.r.o.
- Plucková, I., Šibor, J., & Mach, J. (2021). *Chemie: Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů*. Nová škola, s.r.o.
- Pokorný, J., & Kubišová, M. (1993). *Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti*. Ústav zemědělských a potravinářských informací.
- Pokorný, J., Valentová, H., & Panovská, Z. (1998). *Senzorická analýza potravin*.
- Pokorný, J., Valentová, H., & Pudil, F. (1999). *Senzorická analýza potravin: Laboratorní cvičení*. Vydavatelství VŠCHT v Praze.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview.
<http://dspace.alquds.edu/handle/20.500.12213/742>
- Soares, S., Brandão, E., Guerreiro, C., Soares, S., Mateus, N., & De Freitas, V. (2020). Tannins in food: Insights into the molecular perception of astringency and bitter taste. *Molecules*, 25(11), 2590.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25112590>
- Stratilová Urválková, E., Šmejkal, P., & Trejbalová, I. (2008). *Vybrané instrumentální metody ve výuce chemie na SŠ*. Univerzita Karlova, přírodovědecká fakulta.
- Subhanová, I. (2022). *Spektrofotometrie: Praktické cvičení z lékařské biochemie*.
<https://ulbld.lf1.cuni.cz/file/5360/uvod.pdf>
- Šubová, Š. (2017). *Senzorická analýza jako námět pro laboratorní cvičení* [Bakalářská práce, Karlova univerzita]. Digitální repozitář závěrečných prací UK.
<http://hdl.handle.net/20.500.11956/85133>
- Šubrtová, M., & Matějová, H. (2015). Sodík a jeho vliv na zdraví. *Hygiena*, 60(4), 149-154. <https://hygiena.szu.cz/pdfs/hyg/2015/04/07.pdf>
- Terci, D. B. L., & Rossi, A. V. (2002). Natural pH indicators: using paper or solution? *Química Nova*, 25, 684-688. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000400026>
- Tkáč, J., Švitel, J., & Študrík, E. (1999). Biosenzory na stanovenie sacharidov. *Chem. Listy*, 93, 563-569. http://chemicke-listy.cz/docs/full/1999_09_563-569.pdf
- Turner, H. N., & Liman, E. R. (2022). The cellular and molecular basis of sour taste. *Annual Review of Physiology*, 84, 41-58.
<https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-physiol-060121-041637>
- Ugawa, S. (2003). Identification of sour-taste receptor genes. *Anatomical science international*, 78, 205-210. <https://link.springer.com/article/10.1046/j.0022-7722.2003.00062.x>
- Váňa, J. (1984). *Analyzátory plynů a kapalin*. SNTL.
- Veselý, M. (1968). *Analytická chemie*. SNTL: Nakladatelství technické literatury.
- Vinšová, H., Zachař, P., & Záruba, K. (2007). Potenciometrické měření pH. *Ústav analytické chemie, VŠCHT* <https://docplayer.cz/6997904-Potenciometricke-mereni-ph-obecne-zaklady-h-vinsova-p-zachar-k-zaruba.html>

- Wang, W., Zhou, X., & Liu, Y. (2020). Characterization and evaluation of umami taste: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 127, 115876.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115876>
- Wang, X., Geng, L., Qin, J., & Yao, S. (2016). The potential relationship between spicy taste and risk seeking. *Judgment and Decision Making*, 11(6), 547-553.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S1930297500004769>
- Wimmer, Z., Opletal, L., Čopíková, J., Moravcová, J., Abdulmanea, K. S. O., Lapčík, O., & Drašar, P. (2012). Kovová chuť přírodních látek a jejich derivátů. *Chemické listy*, 106(10), 926-930. <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/833/833>
- Wůrzová, A. (2018). *Zdravotní aspekty kuchyňské soli v potravinách* [Diplomová práce, Karlova univerzita, 1.LF a VFN v Praze]. Digitální repozitář UK. Praha.
<http://hdl.handle.net/20.500.11956/100857>
- Yamaguchi, S. (1979). *The umami taste*. ACS Publications.
<https://doi.org/https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-1979-0115.ch002>
- Zoufalá, M. (2017). *Využití senzorické analýzy v edukačních experimentech* [Bakalářská práce, Karlova univerzita]. Digitální repozitář závěrečných prací UK.
<https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/85133>

6 Seznam příloh

Příloha 1: Hodnotitelský protokol pro slanou chuť

Příloha 2: Hodnotitelský protokol pro kyselou chuť

Příloha 3: Hodnotitelský protokol pro hořkou chuť

Příloha 1

Hodnotitelský protokol

1) Zjištění podnětového prahu slané chuti:

Zaznačte vzorek, u kterého jste rozpoznali bezpečně odlišnost od vody.

3) Na škále zaznačte vzorky dle jejich intenzity:

|.....|

Neznatelná

Velmi silná

4) Na škále zaznačte vzorky na základě příjemnosti:

|.....|

Příjemná

Nepříjemná

Příloha 2

Hodnotitelský protokol

1) Seřaďte vzorky podle kyselosti:

1. pořadí = nejméně kyselý vzorek

4. pořadí = nejvíce kyselý vzorek

1. pořadí	
2. pořadí	
3. pořadí	
4. pořadí	

2) Na škále zaznačte vzorky dle příjemnosti:

|.....|

Příjemná

Nepříjemná

Příloha 3

Hodnotitelský protokol

2) Na stupnicích od 1 do 10 vyznačte vzorky podle hořkosti:

1 = vzorek není vůbec hořký

10 = vzorek je velmi hořký

vzorek č. 528	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
vzorek č. 971	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3) Na škále zaznačte vzorky dle příjemnosti:

|.....|
Příjemná Nepříjemná