

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA CHEMIE

PIVOVARSTVÍ JAKO TÉMA VE VÝUCE CHEMIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BC. KRISTÝNA NOVÁ

UČITELSTVÍ PRO ZÁKLADNÍ ŠKOLY

VEDOUcí PRÁCE: ING. JAN HRDLÍČKA PH.D.

PLZEŇ 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň 12. května 2020

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Za podporu, péči a vedení mé práce děkuji Ing. Janu Hrdličkovi Ph.D. Provedl mě celým procesem vypracování diplomové práce od plánování k praktickému zpracování až po zpracování dat.

Poskytl mi odborné vedení a podmětné rady. Za rady dále děkuji členům pedagogického sboru katedry chemie a samotné katedře za umožnění práce v laboratoři. V neposlední řadě dále děkuji rodině a blízkým přátelům za bezbřehou podporu a trpělivost.

OBSAH

Úvod.....	8
Teoretická část.....	9
Suroviny pro výrobu piva.....	9
Voda.....	9
Úprava spodních vod.....	10
Úprava povrchových vod.....	11
Tvrdość vody.....	12
Voda jako komodita v pivovarství.....	13
Acidobazické účinky solí varní vody.....	13
Význam iontů obsažených ve varní vodě.....	15
Plyny rozpuštěné ve vodě.....	17
Slad.....	18
Chemické složení sladu a ječmene.....	19
Chmel.....	20
.....	20
Chemické složení chmele.....	21
Kvasnice.....	21
Technologie výroby piva.....	22
Šrotování sladu.....	22
Technické vybavení.....	22
Vystírání.....	23
Technické vybavení.....	23
Rmutování.....	23
Štěpení škrobu.....	24
Technologické postupy rmutování.....	25
Infuzní rmutování.....	25
Dekokční rmutování.....	25

Jedno-rmutový dekokční způsob.....	25
Dvou-rmutový dekokční způsob.....	26
Tří-rmutový dekokční způsob.....	26
Scezování.....	26
Technické vybavení.....	27
Chmelovar	28
Technické vybavení.....	29
Teorie užitých metod.....	29
Orientační stanovení tvrdosti vody pomocí mýdlového roztoku	29
Chelatometrické stanovení vody.....	29
Destilace vzorku piva.....	30
Ověření obsahu alkoholu v destilátu za pomoci modré skalice	31
Ověření obsahu alkoholu v destilátu pomocí principu pyknometrie.....	31
Zcukřovací zkouška.....	32
Stanovení redukujících cukrů dle Schoorla	32
Ověření výskytu železnatých iontů ve vzorku vody.....	30
Praktická část.....	33
Příprava na samotné stanovení	33
Příprava Fehlingových roztoků.....	33
Příprava thiosíranu sodného.....	33
Stanovení orientační tvrdosti vody pomocí mýdlového roztoku	34
Chelatometrické stanovení vody.....	35
Stanovení celkové tvrdosti vody.....	35
Stanovení celkové tvrdosti vody za využití kohoutkové byrety 25 ml se vzorkem o obsahu 25 ml.....	37
Stanovení celkové tvrdosti vody za využití kohoutkové byrety 25 ml se vzorkem o obsahu 50 ml.....	38
Stanovení celkové tvrdosti vody za využití kohoutkové byrety 10 ml se vzorkem o obsahu 25 ml.....	38

Stanovení celkové tvrdosti vody za využití kohoutkové byrety 10 ml se vzorkem o obsahu 50 ml.....	39
Stanovení vápenatých iontů.....	39
Stanovení vápenatých iontů za využití kohoutkové byrety 25 ml se vzorkem o obsahu 25 ml	40
Stanovení vápenatých iontů za využití kohoutkové byrety 25 ml se vzorkem o obsahu 50 ml	41
Stanovení vápenatých iontů za využití kohoutkové byrety 10 ml se vzorkem o obsahu 50 ml	42
Destilace vzorku piva.....	35
Destilace nealkoholického piva	44
Destilace Pilsner Urquell 12°.....	44
Destilace Gambrinus Patron 12°	44
Destilace Heineken.....	44
Stanovení vzorku pomocí metody s pyknometrickým principem.....	44
Kontrolní stanovení hustoty u vzorku se známou hustotou	46
Kontrolní stanovení hustoty u vzorku se známou hustotou.	48
Stanovení vzorku alkoholu pomocí referentního roztoku	49
Rmutování v prostředí školní laboratoře	50
Zcukřovací zkouška.....	51
Zcukřovací zkouška celozrnného pečiva	51
Zcukřovací zkouška Glukopuru	52
Zcukřovací zkouška sladového roztoku.....	52
Stanovení pH před a po chmelovaru	53
Stanovení redukujících cukrů dle Schoorla	54
Ověření výskytu železnatých iontů ve vzorku vody	43
Didaktická část	56
Návody pro učitele základních škol	57
Stanovení orientační tvrdosti vody pomocí mýdlového roztoku	57

Destilace vzorku piva	59
Zcukřovací zkouška.....	63
Ověření přítomnosti železnatých iontů.....	63
Návody pro učitele gymnázií.....	64
Chelatometrické stanovení vody	64
Stanovení celkové tvrdosti vody	65
Stanovení vápenatých iontů	65
Destilace vzorku piva	66
Určení obsahu alkoholu ve vzorku metodou s pyknometrickým principem.....	67
Stanovení redukujících cukrů dle Schoorla	68
Příprava sladiny.....	68
Příprava vzorku	69
Stanovení redukujících cukrů.....	69
Závěr	71
Seznam použité literatury a pramenů.....	72
Seznam obrázků.....	75
Seznam Tabulek	75
Cizojazyčné resumé	76

ÚVOD

Téma diplomové práce jsem si zvolila kvůli mému zájmu o propojení výuky chemie a jejích praktických aplikací. Dle některých mých zkušeností a na základě rozhovorů s mými kolegy, se zdá, že klesá zájem dětí o studium přírodních věd. Výuka chemie poněkud zkostnatěla na tvrdém drilu s názvoslovím a chemickými rovnicemi, ale obecně je brána jako něco co „děti stejně nikdy potřebovat nebudou“. Nejen, že je to špatně, ale navíc škoda. Chemie je všude kolem nás. Není to nic, čeho by se laikové či děti měli bát. Pokaždé, když si posolíme chleba, je u toho chemie. Myslím si tedy, že je třeba dětem názorně předvádět propojenost chemie s každodenním životem.

Konkrétně pivovarství jsem si jako téma vybrala, protože postup piva je většinou lidem alespoň zhruba známý a je plný věcí, které se i s minimálním technologickým vybavením dají zkusit a pro děti jsou bezpečné.

V teoretické části práce se tedy zaměříme na suroviny, ze kterých se pivo vyrábí a na jejich význam. Dále nahlédneme do vybraných kapitol technologie vaření piva, abychom se později mohli orientovat v jednotlivých stanoveních. Stanovení si teoreticky rozebereme a nastíníme jednotlivé principy.

V praktické části práce se budeme pokoušet co nejvíc přiblížit vytvořená cvičení pivovarské praxi a zároveň je provádět tak, aby byla vhodná i pro vybavenost učeben na základních školách. Pro každou část pivovarského postupu provedeme stanovení, na kterém lze názorně ukázat, jak chemie s pivovarským postupem vlastně souvisí a jakou hraje roli při vaření piva.

A v poslední didaktické části si probereme zařazení pivovarství do výuky chemie. Součástí této části práce budou návody pro učitele k úspěšnému a maximálnímu využití připravených stanovení.

TEORETICKÁ ČÁST

SUROVINY PRO VÝROBU PIVA

VODA

<i>Přehled aniontů a kationtů vyskytujících se ve vodě z běžných zdrojů</i>	
Kationty	Anionty
H ⁺	OH ⁻
Na ⁺	Cl ⁻
K ⁺	HCO ₃ ⁻
NH ₄ ⁺	CO ₃ ²⁻
Ca ²⁺	NO ₃ ⁻
Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
Mn ²⁺	fosforečnany
Fe ²⁺ a Fe ³⁺	křemičitany

Tabulka 1 Přehled aniontů a kationtů běžně se vyskytujících ve vodě Zdroj: RNDr. Karel Kosař, CSc. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

Přírodní vody jsou roztoky iontů s větší či menší koncentrací. Obsah a koncentraci těchto iontů ovlivňuje zejména geologické složení útvarů, se kterými přichází voda do styku. Vyjádření koncentrace těchto iontů se provádí pomocí jednotek mol/l, u vody můžeme používat též mg/l. Dříve se používaly jednotky mval/l, jejichž používání už v dnešní době ovšem není přípustné. Jejich existence je zmíněna jen proto, že se s nimi můžeme ve starší literatuře či návodech setkat. U křemíku a fosforu se obsah iontů vyjadřuje pomocí jejich oxidů. Jejich ionty nemusí být vždy jednoznačné. Převodní vztahy pro vyjádření obsahu jednotlivých iontů můžeme porovnat v následující tabulce.¹

<i>Převodní vztahy pro různé vyjádření obsahu iontů ve vodě</i>		
	1mg/l	→ mmol/l
Vápník	(Ca ²⁺)	0,0250
Hořčík	(Mg ²⁺)	0,0411
Draslík	(K ⁺)	0,0256
Sodík	(Na ⁺)	0,0435
Železo	(Fe ³⁺)	0,0179
Amoniak	(NH ₄ ⁺)	0,0554
Mangan	(Mn ²⁺)	0,0182
Síran	(SO ₄ ²⁻)	0,0104
Chlorid	(Cl ⁻)	0,0282
Dusičnan	(NO ₃ ⁻)	0,0161
Dusitan	(NO ₂ ⁻)	0,0217
Hydrogenuhličitan	(HCO ₃ ⁻)	0,0164
Uhličitan	(CO ₃ ²⁻)	0,0167
Křemičitan	(SiO ₂)	0,0166
Fosforečnan	(P ₂ O ₅)	0,0070

Tabulka 2 Převodní vztahy pro různé vyjádření obsahu iontů ve vodě Zdroj: RNDr. Karel Kosař, CSc. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

Přírodní vodu můžeme rozdělit na vodu spodní a povrchovou.

Spodní vodu pak rozdělujeme na vodu pramenitou, studniční, nebo infiltrační, to je voda z vrtů poblíž povrchových zdrojů. Tyto vody pak disponují nízkým obsahem organických látek, vyšším obsahem iontů a nižším obsahem mikroorganismů.¹

Mezi povrchovou vodu pak řadíme vodu z řek, z údolních přehrad, rybníků či jezer. Tyto vody mají vyšší obsah mikroorganismů, obsahují řasy a zákaly způsobené nerozpustnými částicemi zemin. Najdeme zde vyšší podíl rozpuštěných a koloidních organických látek než u spodních vod. Obsahují též koloidní či rozpuštěné anorganické látky a stejně jako spodní vody i rozpuštěné plyny.¹

Přírodní voda ať už z jakéhokoliv zdroje ovšem musí splňovat hygienické normy pitné vody, je nutné ji tedy před uvedením do varního procesu upravit na vodu pitnou. Tento proces je závislý na původu přírodní vody a obecně jej můžeme rozdělit na úpravu spodních vod a povrchových vod.¹

ÚPRAVA SPODNÍCH VOD

Ve spodních vodách se můžeme setkat s přítomností zejména manganatých a železnatých iontů. Takové ionty je třeba před vstupem vody do varního procesu odstranit.¹

V obou případech se ionty oxidují a tímto způsobem se získává trojmocná forma železa a čtyřmocný mangan. Oxidaci železnatých iontů lze provádět jednoduchým rozstřikováním vody na inertní materiály s velkým povrchem, čímž dochází k intenzivnímu provzdušnění. Železnaté ionty se pak vylučují ve formě hydroxidu železitého. U manganu rozlišujeme dva způsoby. Pokud je v podzemní vodě koncentrace manganu vyšší, je zapotřebí náročnějšího procesu a k oxidaci jsou použity oxidační činidla jako například manganistan draselný, chlór či oxid chloričitý. Ale častěji se setkáme s nižší koncentrací manganatých iontů a v takovém případě lze mangan odstranit vrstvou tzv. aktivovaných písků, které obsahují oxid manganičitý. Tímto oxidem katalyzovaná reakce produkuje z manganatých iontů oxid manganičitý, který je stejně jako výše zmíněný hydroxid železitý nerozpustný a dá se odfiltrovat.¹

ÚPRAVA POVRCHOVÝCH VOD

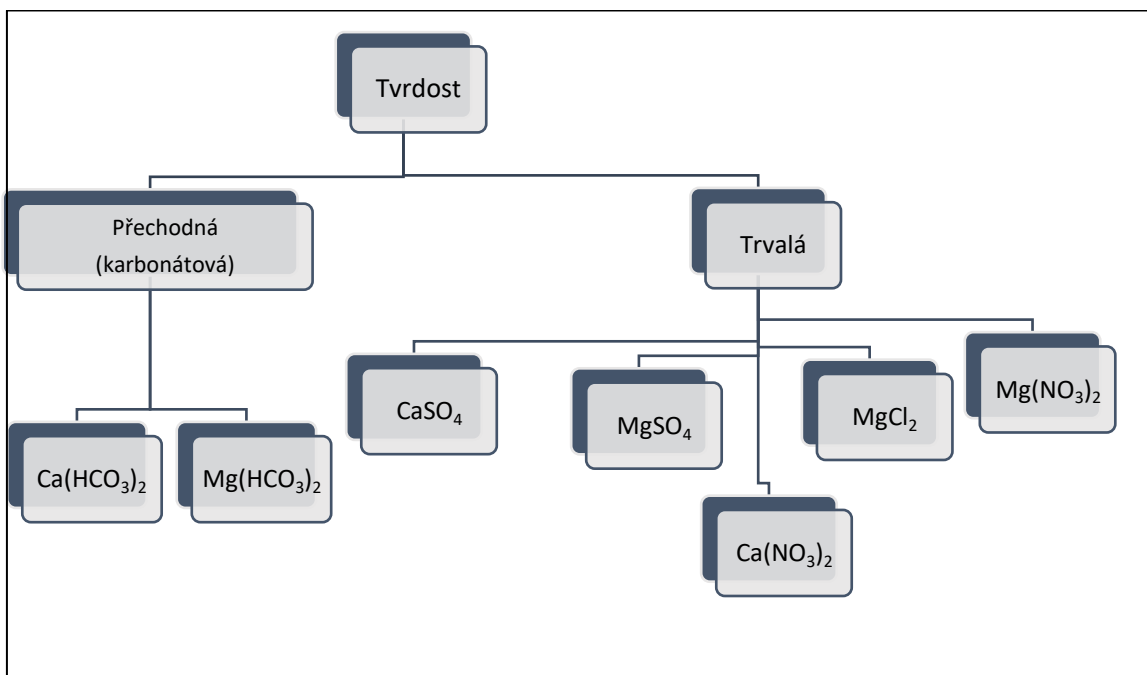
Na rozdíl od spodních vod je proces čištění vod svrchních daleko náročnější, díky přítomnosti organických nečistot, kalů a mikroorganismů. Obecně postupujeme od čištění tuhých nečistot přes koagulaci, sedimentaci a filtraci až k mikrobiologickému čištění. Jako tuhé nečistoty označujeme nerozpuštěné předměty nacházející se ve vodě z jejího okolí. Například zbytky rostlin, odpadky, větve atd. Tyto nečistoty se odstraňují pomocí česel nebo sít. Česla si můžeme představit jako velké kovové hřebeny, přes které voda protéká, a na zubech se nám zachycují veškeré nečistoty. Pokud je voda zbavena tuhých nečistot, dostává se do procesu koagulace. Koagulace slouží k vyčištění vody od koloidních nečistot, což mohou být částice jílu či křemičitanů. Ty se nedají vyčistit z vod mechanicky a je zapotřebí k tomuto účelu použít koagulační činidla. K tomu se využívají hlinité či železité soli. Tyto soli pak v reakci s vodou (hydrolyza) vytváří polyhydroxykomplexy příslušných solí nesoucí kladný elektrický náboj. Koloidní částice většinou disponují záporným nábojem, a tak ve spojení s kladnými polyhydroxykomplexy vytváří kalový mrak, který pak může být separován. Tato separace je prováděna sedimentací. Ta využívá postupného zvětšování koagulovaných částic a v čase se zrychluje. Díky sedimentaci se sice odstraní velká část koagulovaných částic, ovšem je nutno zbylé částice vloček odstranit pomocí filtrace. Pro tento proces se nejčastěji používá písek. Přes vrstvu písku, o mocnosti jednoho metru se složením částic cca 1 mm, se filtruje čištěná voda. Tento proces postupně vrstvu písku zanáší, je tedy potřeba ji jednou za čas proprat. To se děje každých 10-30 hodin filtrace. Délku tohoto procesu ovlivňuje čistota vstupní vody. Pokud je třeba vrstvu vyprat, je rozrušena proudem tlakového vzduchu a poté protiproudě propláchnuta čistou vodou současně s tlakovým vzduchem. Závěrem celého procesu čištění povrchové vody je zajištění mikrobiologické nezávadnosti pitné vody. Pro tyto účely je možno využít chlorování, aplikaci oxidu chloričitého, ozónování nebo působení UV paprsků. Z hlediska výroby piva není chlorování příliš vhodné. Během reakce s přítomnými fenolovými

sloučeninami vznikají chlorfenoly a ty mohou ovlivnit sensoriku piva. Naproti tomu oxidační působení oxidu chloričitého spolehlivě odstraňuje mikroorganismy a zároveň neovlivňuje chuť. Stejně tak oxidační působení ozonu nebo využití UV paprsků ve vlnové délce 200 – 280 nm. Pokud voda tedy projde výše zmíněnými kroky stává se z ní voda pitná, a tedy použitelná pro pivovarské účely.¹

TVRDOST VODY

Navzdory faktu, že voda splňuje podmínky pro pitnou vodu, není stoprocentně zajištěno, že se jedná o vodu vhodnou pro pivovarství. Sensoriku a vlastnosti piva nám totiž může značně ovlivnit ještě tvrdost vody. V praxi vyjadřujeme tvrdost vody obsahem vápenatých a hořečnatých iontů. Mohli bychom tvrdost vody vyjadřovat i obsahem strontnatých a barnatých iontů, ale pro praxi jsou zanedbatelné. Historicky se používaly jako jednotky tvrdosti vody tzv. německé stupně, později milivaly na liter. V dnešní době podle SI je přípustné vyjádření v miligramech na liter. V praxi se můžeme setkat i s vyjádřením mmol/l.^{1,2}

Z hlediska tvrdosti vody obecně rozeznáváme měkkou, středně tvrdou, tvrdou a velmi tvrdou vodu. Co se pak týče samotné tvrdosti, rozděluje se na karbonátovou, takzvanou přechodnou a nekarbonátovou, tedy trvalou. Tyto názvy jsou odvozeny od reakcí specifických iontů za varu vody. Trvalou tvrdost vody způsobují hořečnaté a vápenaté soli, které jsou i za varu stále tzn. křemičitany, chloridy a sírany. O přechodné tvrdosti se pak bavíme, pokud zmíněnou tvrdost způsobují hydrogenuhličitanu, které se za varu rozpadají a přecházejí na uhličitanu. Přehled těchto solí a jejich rozdělení můžeme vidět v následující tabulce:¹



Obrázek 1 Přehled rozpuštěných solí a jejich vliv na druhy tvrdosti vody Zdroj: RNDr. Karel Kosař, CSc. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

VODA JAKO KOMODITA V PIVOVARSTVÍ

Pivovarství jako průmyslové odvětví je jeden z nejnáročnějších spotřebitelů vody, jeho spotřeba patří mezi nejvyšší. Vodu v pivovarství dělíme na tři skupiny:

Vodu provozní – tato voda se upravuje podle jejího použití. Pokud se stýká s plochami, které následně přichází do kontaktu s potravinou, musí splňovat hygienické normy pitné vody. Používá se i do parogenerátorů. Mluvíme-li o vodě chladicí je zbavována mikrobiologických a chemických nečistot. Chemické složení, zejména pak obsah iontů se upravuje u vody určené pro výplachy nádob, lahví a sudů a tato voda musí být hygienicky nezávadná.²

Mycí a sterilizační voda – tato voda musí být zbavena chemických a mikrobiologických nečistot – nesmí zapáchat a doporučuje se jí na rozdíl od vody varní chlorovat.¹

Varní voda – je jednou ze základních surovin při výrobě piva. V pivě je voda zastoupena 75 – 80 % hmotnosti v závislosti na jeho druhu. Varní voda musí splňovat hygienické normy pitné vody z hlediska nezávadnosti na zdraví. Její kvalita a složení má nezanedbatelný význam na výslednou sensoriku piva ať už z mikrobiologického či fyzikálně-chemického hlediska.²

V pivovarství rozdělujeme druhy vody podle tvrdosti na vodu:

Plzeňskou – měkká voda s malým podílem anorganických složek je ideální pro výrobu spodně kvašených a silně chmelených piv.²

Mnichovskou – na pomezí středně až tvrdé vody, s malým obsahem chloridů a síranů, ale má větší obsah uhličitánů a vápníků.²

Dortmundskou – velmi tvrdá voda, kde nekarbonátová tvrdost převažuje nad karbonátovou.²

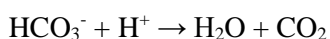
Vídeňskou – velmi tvrdá voda, kde naopak oproti Dortmundské vodě převládá karbonátová tvrdost nad nekarbonátovou.²

Burton on Trent – je voda velice tvrdá s vysokým obsahem síranů, používaná zejména pro výrobu vysoce chmelených, svrchně kvašených piv typu Ale. Úprava pivovarské vody na vodu Burton se provádí přidávkem síranu vápenatého, takzvanou burtonizací.²

Jak můžeme vidět každá voda se bude lišit svým složením. Toto složení nám ovlivňuje nejen výslednou chuť, ale i tzv. agresivitu vody. Tu ovlivňují následující reakce ve vodě probíhající.

ACIDBAZICKÉ ÚČINKY SOLÍ VARNÍ VODY

Procesy, které probíhají při vaření piva jsou silně ovlivňovány hodnotou kyselosti neboli pH vody. Při vyšších teplotách probíhají reakce hydrogenuhlíčanových iontů, které spotřebovávají vodíkové ionty, snižují aciditu vody a uvolňují oxid uhličitý.²



Při výrobě rmutů dochází k reakcím disociovaných dihydrogenfosforečnanů, hydrogenfosforečnanů a fosforečnanů obsažených ve sladu. Disociované dihydrogenfosforečnany vykazují kyselou reakci, hydrogenfosforečnany slabě alkalickou reakci a fosforečnany alkalickou reakci. Rovnováha těchto iontů je ovlivněna reakcemi s ionty rozpuštěnými ve vodě, při čemž je rozdělujeme na soli zvyšující kyselost, soli snižující kyselost a neutrální soli.²

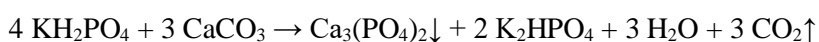
Soli zvyšující kyselost: síran vápenatý, síran hořečnatý, chlorid vápenatý a chlorid hořečnatý²

Soli snižující kyselost: hydrogenuhlíčan vápenatý, hydrogenuhlíčan hořečnatý, hydrogenuhlíčan sodný, uhličan sodný²

Neutrální soli: síran sodný, síran draselný, chlorid sodný, chlorid draselný, dusičnan sodný, dusičnan draselný²

Tyto účinky sledujeme, neboť pokud nám reaguje menší množství rozpuštěných látek ve vodě z výše zmíněnými ionty pocházejícími z rmutů, stoupá kyselost výsledného roztoku. Pokud by ovšem reagovalo moc malé množství látek acidita by klesala. Tento pokles acidity výsledného roztoku by měl za následek vysrážení fosforečnanu hořečnatého a fosforečnanu vápenatého. Přičemž fosforečnan hořečnatý je obecný termín pro soli vzniklé z hořčíku a fosfátu. Jejich absence by později mohla způsobovat problémy při enzymových reakcích během rmutování a kvašení. Je třeba tedy zachovávat jakousi rovnováhu mezi reakcemi, které aciditu varní vody snižují a zvyšují.²

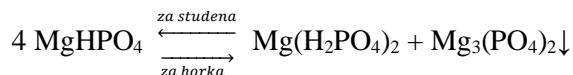
Názorná ilustrace reakcí snižujících aciditu varní vody pro draselné soli:²



Ve vodě s vyšším obsahem hydrogenuhlíčanů vápenatých se nejdříve tvoří alkalicky reagující hydrogenfosforečnany a poté až nerozpustné fosforečnany. Ty společně s nerozpustnými hydrogenfosforečnany vápenatými vypadávají z roztoku a acidita roztoku klesá. Podobně reagují i hořečnaté hydrogenuhlíčnany a uhličitany. Těch je ovšem ve vodách o poznání méně. Přecházejí ovšem jen na sekundární fosforečnany hořečnaté, ty zůstávají společně s hydrogenfosforečnanem draselným rozpuštěny ve vodě a díky tomu snižují aciditu roztoku podstatně lépe než hydrogenuhlíčnany vápenaté.

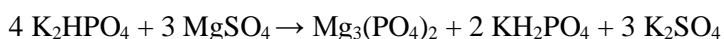
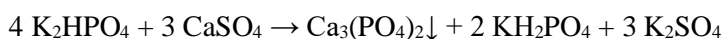


Vlivem nestability alkalických hydrogenfosforečnanů hořečnatých za varu kolísá pH výsledného roztoku. V tom případě se alkalické hydrogenfosforečnany rozkládají za varu na kyselce reagující dihydrogenfosforečnany. Tato reakce je ovšem vratná. pH rmutů je tedy za horka nižší než za studena.



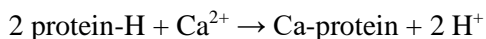
Názorná ilustrace reakcí zvyšující aciditu varní vody

Vápenaté chloridy a sírany zvyšují aciditu roztoku mnohem více než chloridy a sírany hořečnaté.



Vzniklý fosforečnan vápenatý je nerozpustný, kdežto fosforečnan hořečnatý se rozpouští pouze za varu.²

Vápník a hořčík je ve rmutu částečně obsažený jako *proteinát* vápenatý případně hořečnatý, který uvolňuje vodíkové ionty z kyselých dusíkatých látek, čímž stimuluje proteasy a amylasy při rmutování.



Pokud tedy sledujeme tvrdost vody, je to proto, že nám ovlivňuje její tlumivou kapacitu. Tedy schopnost vody odolat změnám pH. Jelikož tyto výchylky nám později ovlivňují funkci amylas. Amylasy jsou enzymy zodpovědné za štěpení škrobu na redukující cukry, jejichž poškození by potenciálně mělo pro naši výrobu piva fatální následky.²

Pivovarský proces ovšem neovlivňuje pouze tvrdost vody, která je jako taková jen jedna z položek iontů a plynů ve vodě obsažených.

VÝZNAM IONTŮ OBSAŽENÝCH VE VARNÍ VODĚ

Vodíkové a hydroxidové ionty jsou samozřejmě přítomny v každé vodě a jejich poměr ovlivňuje její pH.

Vápenaté ionty mohou být obsaženy ve vysokých množstvích až 200 mg/l. Přidáváním chloridu nebo uhličitanu vápenatého můžeme utlumit přibarvování rmutů, vyluhování barevných látek, kyseliny křemičité a polyfenolů. Takto můžeme ve výsledku zabránit nadměrnému přibarvení mladiny během scezování. Vápník také podporuje činnost sladových enzymů, a ty pak pozitivně stabilizují α -amylasu, čímž jí chrání před tepelnou denaturací. Tyto

enzymy také podporují aktivitu endopeptidas. Endopeptidasy uvolňují a zvyšují celkové množství aminodusíku a volných aminokyselin v zrně. Zejména aminokyseliny jsou důležité pro pozdější růst kvasinek a jejich prospívání, ale i na složení vedlejších metabolitů kvašení, tím ve finále ovlivňují celkovou sensoriku piva. Dále vápenaté ionty reagují se šťavelany. Za pomoci této reakce předcházejí negativnímu efektu tzv. gushinku neboli přepěňování, které je šťavelany způsobováno. V reakci se šťavelany vápenaté ionty tvoří nebiologický zákal, který je následně možné odfiltrovat.²

Hořečnaté ionty stejně jako vápenaté ionty jsme již zmiňovali v kapitole tvrdost vody. Z vody pochází ovšem asi 1/3 těchto iontů, zbytek je ze sladu. Pomineme-li tedy už řečený efekt na pH vody, větší množství hořečnatých iontů ve vodě může mít negativní dopad na chuť piva. Vyniká výrazná hořká chuť.²

Sodné a draselné ionty ve vodě jsou běžně v nižších koncentracích, přecházejí do roztoku spíše ze sladu. Při vyšších koncentracích mohou vyvolat slanou chuť. Hydrogenuhličitan sodný a uhličitan sodný, jak už bylo zmíněno, přispívají ke snížení kyselosti roztoku. Piva po nich mají charakteristickou drsnou pachut'. Sodík hraje důležitou roli při transportu draslíku v metabolismu kvasinek. Ovlivňuje jejich produktivitu. Z hlediska zdravotního je žádoucí vyšší obsah draslíku v pivu jakožto nedostatkového prvku v lidské výživě.²

Železnaté a železité ionty se v přírodních vodách vyskytují v malých koncentracích. Dvojmocné ionty snadno oxidují na ionty trojmocné a vylučují se tak z roztoku. Vyšší obsah železa ve vodě zpomaluje zcukření rmutů a způsobuje jejich přibarvení. Stejně tak přibarvení mladiny a pěny piva. U pěny také zlepšuje její trvanlivost. Sensoricky snižuje plnost chuti piva a charakteristickou hořkost. V koncentraci nad 0,2 mg/l způsobuje degenerativní změny kvasnic. Železnaté ionty se vylučují v mlátě a kalech. Vyšší hladiny je třeba korigovat.²

Manganaté ionty jsou v menších koncentracích zásadní pro množení kvasinek a jejich látkovou výměnu. Působí jako kofaktory enzymů a pozitivně působí při proteolytickém rozluštění sladu. Ve vyšších koncentracích působí stejně jako ionty železa a to negativně.²

Měďnaté ionty jsou velmi toxické pro pivovarské kvasinky, sensoricky mají stejně negativní vliv jako železnaté ionty.²

Zinečnaté ionty hrají zásadní roli při fermentaci. Stimulují kvašení, podporují tvorbu proteinů a inhibují syntézu sulfanu. Při koncentraci nad 0,6 mg/l jsou ale toxické pro kvasinky a negativně ovlivňují fyzikálně-chemické vlastnosti piva.²

Hlinité, cínaté a olovnaté ionty se mohou stejně jako ionty zinku a mědi dostat do varní vody ze zahřívacích povrchů či jako rezidua herbicidů k ošetření chmele. Pro kvasinky jsou toxické a negativně ovlivňují sensorickou stabilitu piva.²

Amonné ionty indikují přítomnost organické kontaminace.²

Síranové ionty při vyšších koncentracích přidávají pivu charakteristickou hořkou chuť. Působí také jako zdroj pro tvorbu sulfanu. Při koncentracích nižších naopak pozitivně podporují koloidní a senzoryckou stabilitu piva. Jak již bylo zmíněno vlivem na pH nepřímo ovlivňují působení karboxy a aminopeptidas.²

Chloridové ionty mohou zpomalovat vložování kvasnic, což je při stádiu kroužkování negativní jev. Pokud koncentrace těchto iontů překročí 100 mg/l způsobují koroze oceli. V malém množství chlorid sodný zvyšuje plnost piva, při koncentraci nad 150 mg/l však způsobuje slanou, drsnou chuť. Při vyšších koncentracích také zhoršuje číření piva a zpomaluje kvašení.²

Dusitanové ionty jsou indikátory znečištění a mikrobiologické činnosti. Dle hygienických norem je v pitné vodě přítomnost těchto iontů tolerována pouze do 0,1 mg/l. Dusitany jsou mezi-produktem rozkladu bílkovin a do jisté míry vznikají při fermentaci. Pro kvasinky jsou toxické. V reakci s polyfenoly vznikají červená barviva a pivo dostává fenolovou příchut', jedná se o charakteristickou nakyslou pachut'.²

Dusičnanové ionty se do vody dostávají zejména díky používání hnojiv, která prosakují do spodních vod. V pivu stejně jako ve vodě mohou být v maximální koncentraci 50 mg/l, státy se tuto hranici ovšem snaží snižovat, např. v USA je pětikrát menší. Dusičnany jako takové nejsou škodlivé, pokud se ovšem redukují na dusitany jsou pro kvasinky toxické.²

Fluoridové ionty se běžně přidávají do vody ke snížení tvorby zubních kazů, do koncentrace 10 mg/l nemají vliv na průběh kvašení. Ovšem již od koncentrace 1 mg/l zvyšují barvu piva obzvláště v kombinaci s měkkou vodou.²

Křemičitanové ionty, zejména pak sodné a hořečnaté křemičitaný se vyskytují v koncentracích nepřesahující hranici 30 mg/l s výjimkou oblastí s vulkanickou činností. Pokud koncentrace křemičitanu sodného přesáhne hranici 40 mg/l zpomaluje se tím kvašení. Vysoké koncentrace křemičitanů způsobují nestabilitu peptidů a tvorbu pивního kamene.²

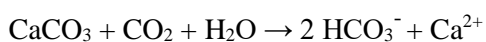
PLYNY ROZPUŠTĚNÉ VE VODĚ

Kromě iontů, které jsme jmenovali, jsou ve vodě ovšem rozpuštěné i plyny, a i ty ovlivňují výsledný produkt pivovarského procesu. V přírodní vodě můžeme najít zejména oxid uhličitý, kyslík, chlor a sulfan.

Oxid uhličitý ovlivňuje korozivitu vody, ale je potřebný k zachování uhličitánů v roztoku. Vedle oxidu uhličitého je dalším korozivním plynem kyslík, jehož běžný obsah je kolem 3 – 8 mg/l. Další kyslík se může rozpouštět během varního procesu, při vyšších koncentracích

pak negativně ovlivňuje koloidní a senzorkou stabilitu piva. Sulfan je přítomen v některých spodních vodách a také způsobuje korozivitu vody, lze jej ale snadno odstranit provětráním. U chlorovaných vod můžeme registrovat zvýšené množství chloru. Ten je pro kvasinky toxický a pivu dodává specifickou pachut'. Odstranit přebytečný chlór lze rychlofiltrací přes vrstvu aktivního uhlí.²

Faktorů, které ovlivňují vlastnosti vody je tady mnoho. Vodu ovšem neupravujeme jen z hlediska sensoriky, ale i kvůli zařízení, které s ní přijde do styku. Pokud je voda agresivní, obsahuje mnoho oxidu uhličitého, projevuje se její korozivita. V praxi můžeme tento jev pozorovat jako rezavý nános na výlevkách, ústích trubek a jiných viditelných stykových plochách. V každém případě se jedná o známku nedokonalé úpravy vody. Pokud se bavíme o tomto problému vody cirkulační, řešení je velice jednoduché. Stačí do oběhu umístit polopropustnou nádobu s náplní uhličitánu vápenatého a vodu přes něj jednoduše necháme protékat. Reakce je vratná a probíhá do rovnovážného stavu.²



Ve vodě je nutné k zachování hydrogenuhličitanového iontu určité množství oxidu uhličitého, říkáme mu takzvaný ochranný. Veškerý oxid uhličitý, který je ve vodě navíc, tvoří takzvaný agresivní oxid uhličitý a způsobuje korozivitu vody. Po dosažení rovnováhy v uvedené reakci je přebytečný oxid uhličitý spotřebován, ionty jsou v rovnováze a voda nevykazuje žádné korozivní účinky.²

S korozivitou vody se ovšem můžeme setkat i ve vystírací kádi, pokud se voda na vystírku okyseluje. Je proto lepší okyselovat až samotnou vystírku, jelikož se během vystírky už uplatňuje pufrací kapacita látek, které přecházejí do roztoku ze sladu.²

SLAD

Sladem myslíme technologicky zpracovanou odrůdu sladovnického ječmene. Ta musí projít specifickými technologickými procesy. Tím se změní poměry a obsah látek v zrna k jeho lepší technologické výtěžnosti. Pro co nejlepší výtěžnost jsou šlechtěny speciální odrůdy, pěstujeme sladovnické a krmivářské ječmeny. Sladovnické ječmeny zpravidla disponují lepší enzymatickou výbavou. Díky tomu mají i větší obsah sacharidů a nižší obsah bílkovin, což je pro úspěšný varní proces stěžejní.

Vzhledem k zaměření této práce se budeme soustředit zejména na obilku ječmene. Ta je pro nás technologicky využitelná. Zbytek rostliny pro nás v pivovarství nemá příliš velký význam. Morfologii obilky se ovšem vyplatí znát, pro pozdější lepší orientaci v problematice.

Obilka ječmene se dělí na tři části, zárodek, obal a endosperm. Obal zrna tvoří osemení, pluška, plucha a oplodí. Plucha se nachází na hřbetní straně zrna a plušku najdeme na straně břišní. Tyto části slouží jako přirozená ochrana endospermu před mechanickým poškozením. V něm se v zrně uchovávají zásobní látky pro růst rostliny. Správným postupem je lze ovšem přeměnit během sladařského postupu na látky nezbytné pro pivovarskou výrobu. Další zásadní částí zrna je zárodek. Latentní forma, ze které nám při poskytnutí správných podmínek vyrostे nový jedinec. Správnými podmínkami pak rozumíme teplotu, vlhkost a přístup vzduchu. V těchto ohledech jsou limitní hodnoty pro zárodek minimálně 10 % vody a 10 - 12 % oxidu uhličitého.

Je-li procentuální obsah menší než uvedené hodnoty, zárodek přestává být životaschopný. Nelze tedy nastartovat odpovídající enzymatické reakce a pro sladařství je takový ječmen bezcenný. Zbývající částí je endosperm, ten vyplňuje vnitřek zrna, nachází se pod aleuronovou vrstvou. To je vrstva hranolových buněk, které se nacházejí hned pod osemením. Endosperm je tvořen bílkovinami, tuky a také škrobovými zrnky. Z hlediska pivovarství nás nejvíce zajímá právě obsah škrobových zrn, ze kterých je možné potom vytvořit redukující cukry. Pro sladařství je tedy požadován slad s takzvaným moučnatým endospermem, u takového endospermu je obsah škrobu větší než obsah bílkovin. Jako protiklad k endospermu moučnatému je endosperm sklovitý, ten se vyznačuje opačnými hodnotami, tedy obsah bílkovin je větší než obsah škrobových zrn. V praxi se tyto jevy projevují následujícím způsobem. Pokud rozpůlíme příčně zrno s moučnatým endospermem, můžeme pozorovat zdánlivě sypký vnitřek zrna mléčně bílé výrazné barvy matného vzezření. U sklovitého endospermu se zrno na řezu zdá být lesklé a nažloutlé s hladkou texturou.³

CHEMICKÉ SLOŽENÍ SLADU A JEČMENE

Jak jsme zmínili, slad se vyrábí ze sladovnického ječmene, a rozhodně jej nelze zaměnit ječmenem krmným. Sladovnický proces má zásadní dopad na chemické složení zrna. Za nejmarkantnější rozdíl se dá považovat obsah vody. V obilce surového ječmene se nachází 80 – 88 % sušiny a 12 – 20 % vody. Množství vody ve sladu je výrazně nižší a obvykle se pohybuje kolem 4 %. Pokud pomíneme vodu, zásadní rozdíly můžeme pozorovat i ve složení obsažených látek. V sušině obilky ječmene je obsah škrobu jakožto polysacharidu zastoupen 60 – 65 %. Z toho tvoří amylosa 17 – 24 %, amylopektin 76 – 83 %, nízkomolekulární sacharidy jsou zastoupeny 1 – 2 % sacharózou a 1 % ostatní cukry. V řádech desetín procent je obsažena maltosa, rafinosa, fruktosa a glukosa jako zkvasitelné cukry. Vzhledem k obsahu redukujících cukrů v surovém ječmenu je jasně vidět, proč nelze vařit pivo z ječmene, jak už bylo výše naznačeno. Ječmen obsahuje z 65 % nezkrasitelné cukry. To jsou cukry, které jsou pro následný proces kvašení, při kterém se tvoří alkohol a oxid uhličitý, nepoužitelné. Kvasinky je neumí zpracovávat. Tím samým množstvím redukujících cukrů disponuje i slad, ovšem zásadní rozdíl tkví v poměru enzymů. V průběhu sladovnického procesu se aktivují a dotahují enzymy potřebné

pro rozštěpení škrobu na již zmíněné redukující cukry, α -amylasa a β -amylasa. Dále v obilce samozřejmě najdeme tuky o obsahu 3 – 3,5 %, fosfáty ve formě fytinu 0,9 %, dusíkaté látky 9,5 – 11 % z čehož rozpustné činí 1,9 %, albuminy a globuliny 3,5 %, prolaminy 3-4 %, gluteliny 3 – 4 % a nakonec minerální látky 2 %.³

Zaměříme-li se na popis chemického složení sladu, budeme se vyjadřovat v lehce odlišných pojmech, které jsou dané technologickými ukazateli. U zrna sladu klesne obsah vody asi na 4 %. Nejdůležitější látky pro pivovarský proces, jako jsou škrob, enzymy a bílkoviny jsou zastoupeny v extraktu mladiny, ten tvoří minimálně 80,5 % sušiny. Důležitost škrobu a enzymů je jasná, vytváří se z nich redukující cukry. Obsah bílkovin ovlivňuje tzv. přepěňování neboli gushink, ten se může projevit, jestliže je obsah bílkovin vyšší než 11,5 %, ideální hodnota je mezi 10 – 11,5 %. Další změnou je obsah β -glukanů, ty ovlivňují viskozitu mladiny a pro správné stékání mladiny musí být při procesu sladování navýšen jejich obsah alespoň o 150 – 170 %. Jejich obsah by měl být 100 – 200 mg/l sladiny.¹

Vzhledem ke skutečnosti, že tato práce se věnuje hlavně kapitolám, které mají souvislost s praktickými pokusy, bude následující kapitola o chmelu a pivovarských kvasinkách jen stručná. Nebylo by vhodné tyto kapitoly úplně vynechat, poněvadž se v práci mohou vyskytovat zmínky s návazností na suroviny pro výrobu piva.



Obrázek 3 Chmelové hlávky Zdroj:Chmelové Granule. In: Leros: Herbář [online]. Praha: BlueGhost, 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.leros.cz/chmel-otacivy>



Obrázek 2 Chmelové granule Zdroj:Chmelové Granule. In: Brelex: Chmelové produkty [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.brelex.cz/chmelove-produkty/>

CHMEL

Stručně řečeno chmel, jako jedna ze základních surovin pro výrobu piva, udává pivu typickou hořkou chuť a dotváří aroma. K pivovarským účelům se využívají chmelové hlávky různých odrůd ovšem vždy jen ze samičí rostliny. Stejně jako u sladu i na chmel se kladou podmínky stran jeho obsahu. V dnešní době se již většinou nevyužívají surové chmelové hlávky, ale jsou dále zpracovávány lisováním na granule nebo se z nich vytváří chmelový extrakt.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ CHMELE

Chemické složení ovlivňuje jeho odrůda, oblast, ročník i způsob posklizňové úpravy. Logicky to vyplývá z faktu, že rostlina čerpá živiny z půdy jejíž složení závisí na oblasti. Každý ročník samozřejmě ovlivňují přírodní podmínky, tj. množství srážek a slunečních dní a stejně jako u jiných rostlin odrůda ovlivňuje genetické předpoklady pro obsah látek. Pro pivovarství jsou důležité pryskyřice, jež dodávají typicky hořkou chuť, fenoly a silice. Naproti tomu chmel může obsahovat i látky nežádoucí a sice dusičnany, rezidua látek, které se na chmel stříkají pro jeho ochranu, těžké kovy či chemické katalyzátory.¹

<i>Průměrné složení chmele</i>	
Látka	Obsah [%]
Voda	8 – 12
celkové pryskyřice	15 – 20
polyfenolové látky	2 – 6
Silice	0,2 – 2,5
vosky a lipidy	1 – 3
dusíkaté látky	12 – 15
sacharidické látky (celulosa)	40 – 50
minerální látky	6 – 8

Tabulka 3 Průměrné složení chmele Zdroj: RNDr. Karel Kosař, CSc. *Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.*

Jak již bylo zmíněno nás nejvíce zajímají pryskyřice. Ty tvoří směs α a β -hořkých kyselin, jejichž podrobnější složení nebudeme rozebírat. Z hlediska této práce je to bezpředmětné. Význam ovšem tyto pryskyřice nemají jen z hlediska chuti a vůně, ale podílejí se ve spojitosti s kationty dvojmocných kovů a jistých frakcí bílkovin na vzniku pивní pěny a její stability. Kromě toho chmelové hořké látky působí ve spojitosti s procesem chmelovaru mikrobicidně. Hořké látky chmele jsou běžně stanovovány různými analytickými metodami jako například konduktometrií nebo vysoko účinnou kapalinovou chromatografií. Bohužel pro naši práci jsou tato stanovení příliš náročná na vybavení, vzhledem k naší cílové skupině základních škol a gymnázií.¹

KVASNICE

Poslední surovinou jsou pivovarské kvasinky. Jsou zásadním prvkem pro finální proces kvašení, při kterém se utváří alkohol a oxid uhličitý. Pro pivovarskou praxi je několik možností kvasinek, které lze používat. Co se týče taxonomické zařazení používají se kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*. Pro spodní kvašení se využívají kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* uvarum *carlbergensis* a pro svrchní kvašení *Saccharomyces cerevisiae* *cerevisiae*. Obecně jsou označovány zkrátka jako kvasinky spodního či svrchního kvašení a udávají také typ piva, tedy

pivo spodně kvašené či svrchně kvašené. Pro správnou aktivitu kvasinek při kvašení je důležité se o ně dobře starat. Metabolismus kvasinek ovlivňuje složení mladiny, vlastnosti kvasinek i průběh procesu kvašení. Na viabilitu a vitalitu kvasinek by se dalo provést spoustu praktických cvičení pro žáky, ale ty by spadaly spíše do oboru biologie. V této práci nejsou dále rozebírány, jelikož nejsou součástí oboru chemie.³

TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA

ŠROTOVÁNÍ SLADU

Mohlo by se zdát, že šrotování sladu je jednoduché mechanické rozemletí. Opak je ovšem pravdou. Při šrotování sladu je cílem dobře vymlít endosperm ze zrna, ale minimálně poškodit pluchu a plužku. Pluchy a plužky obsahují látky ovlivňující sensoriku piva. Pokud je tedy příliš rozemeleme, budou se z nich uvolňovat hořké látky ovlivňující chuť. Mimo těchto hořkých látek, obsahují i pentosany a polyfenoly, rovněž ovlivňující kvalitu piva. Jejich vyluhování závisí na době styku pluch s mladinou a jejich porušením. Další věcí, na kterou má správné šrotování vliv je pak scezování. Je třeba hlídat i správné rozemletí endospermu, ten je třeba pro vysoký varní výtěžek jemně rozemlít. Výtěžek ovšem ovlivňuje podíl hrubé krupice, jejíž původ je zejména ve špatně rozluštěné špičce zrna. Zatímco dobře rozluštěný spodek zrna tvoří jemná krupice a moučka. Pokud budeme mít větší podíl hrubé krupice, klesá nám možný využitelný podíl pro kvašení a zároveň vzrůstá podíl extraktu, který se nám zadrží v mlátě. V takovém případě u hrubě namletého sladu je třeba provádět mnohem delší rmutování, protože hrubá krupice se daleko hůř rozpouští. Nyní by se mohlo zdát, že naopak tedy velice jemně namletý slad s vysokým obsahem nejjemnější moučky by mohl tento problém vyřešit. Podíl moučky by ovšem neměl přesáhnout hranici 12 %, v opačném případě dochází ke zhoršení propustnosti vrstvy mláta a opět nám vzrůstá podíl extraktu, který se v mlátě zachytí. Pro využití klasické scezovací kádě je tedy vhodné mít co nejlépe vymleté pluchy s minimálním poškozením a vysokým podílem jemné krupice ve šrotu.¹

TECHNICKÉ VYBAVENÍ

Ke šrotování sladu se používají tzv. Šrotovníky (stroje složené z protichůdných stejně velkých válců). Rozlišujeme dvouválcové, čtyřválcové a šestiválcové šrotovníky. V malých pivovarech jsou nejběžnější dvouválcové šrotovníky, u nichž je mezera mezi válci nastavena na 0,7 mm. U čtyřválcového šrotovníku pak probíhá šrotování ve dvou krocích. První dvojice válců zrno namačká, na sítu se vysypou hrubé části a ty pak pokračují do druhé dvojice válců na přemletí. Šesti válcový typ pak představuje nejpoužívanější a nejlepší typ šrotovníku, první pár válců zrno rozmáčkne, druhý vymílá pluchy a třetí rozemele hrubou krupici.¹

VYSTÍRÁNÍ

Vystírání je proces, kdy připravený šrotovaný slad smícháme s vodou. To musí být prováděno tak, abychom minimalizovali ztráty a nepoškodili enzymatickou výbavu zrna.

Při suchém šrotování se kád' nejprve napustí malým množstvím vody, tak aby dno kádě bylo pod hladinou. Tím se zabraňuje usazování nesmočeného sladu na dně vystírací pánve. Následně se za stálého míchání začne spouštět slad ze zásobníku, ten je smáčen druhým podílem vystírací vody a poslední část vystírací vody slouží k oplachu stěn zásobníku a stěn vystírací pánve. Vystírání je prováděno za stálého míchání, tak aby nevznikala centra s vyšší teplotou, ve kterých bychom nechtěně inaktivovali enzymy. Míchání tedy slouží hlavně k homogenizaci teploty v celém objemu díla. Vystírací teplota je dána varním postupem, recepturou, obvykle to ovšem bývá 37 °C.²

Pokud je vystírka hotová a používá se tzv. dvou-rmutový způsob rmutování, dochází k takzvanému zapařování, to je přidavek horké páry za účelem zvýšení teploty na 52 °C. Zapařování je nutné provádět za rychlého chodu míchadla a páru či vodu, která má obvykle cca 80 °C v případě vody 95 °C. Připouštět pomalu, tak aby nevznikala přehřátá centra a nedocházelo k poškození enzymů.¹

TECHNICKÉ VYBAVENÍ

Technické vybavení je ovlivněno velikostí pivovaru i jeho zázemím, pro vystírání a následné rmutování se používají dle podmínek jedna až čtyři nádoby válcového tvaru v různých kombinacích. Například vystírací pánve s rmutovací pánví, nebo dvě rmutovací pánve případně mohou být přítomny i dvě vystírací kádě a dvě rmutovací pánve. Zde se ovšem už bavíme o největších typech pivovarů. K varnému procesu v případě malých pivovarů stačí i jedna varná a jedna scezovací kád'. V každém případě si tyto nádoby lze lehce představit jako válcové nádoby, v dnešní době už většinou z nerez oceli, s mírně kónickým dnem. V případě vystírací či rmutovací pánve jsou opatřeny míchadly. V horní části nádob je umístěný oplach v podobě sprechových hlavíc, dle velikosti pánve.¹

RMUTOVÁNÍ

Principem rmutování je převedení všech látek do roztoku. V zrně je pouze asi 15 – 17 % extraktu přímo rozpustných a lze je do roztoku převést pouhým mícháním. Zbytek obsahu zrna je nutno nejprve rozštěpit. To je možné díky přítomnosti již zmíněných enzymů. Enzymatická činnost nastartována rozmícháním ve vodě a dodržením vystírací teploty, která je pro nastartování enzymatické činnosti 37 °C. Naším cílem je rozštěpit všechny škrob na jednotky glukózy a správný poměr bílkovin, a ostatních látek. Zároveň se snažíme omezit například množství polyfenolů

ze sladových pluch. Je tedy naprosto zásadní při rmutování dodržovat stanovené teploty, které velmi výrazně ovlivňují působení enzymů a tím pádem i efektivitu rmutování.¹

ŠTĚPENÍ ŠKROBU

Škrob je složitý polysacharid v základu tvořen glukosami. V závislosti na jeho původu obsahuje 20 – 25 % amylosy. Ta je složena z 60-600 glukosových jednotek. Amylosa je rozpustná ve vodě a účinkem β -amylasy se štěpí zejména na maltosu. Dále pak škrob obsahuje 75 – 80 % amylopektinu, který je rovněž štěpen na maltosu a dextriny, ovšem zde je již potřeba společného účinku obou amylas. Oproti amylose, která obsahuje pouze vazby α -1,4. Amylopektin obsahuje na větvených úsecích i vazby α -1,6 a obsahuje cca 3000 glukosových jednotek. Za studena je amylopektin nerozpustný a až se vzrůstající teplotou mazovatí, proto je tedy nutné rozštěpit jej pro úspěšné převedení do roztoku. Proces rozštěpení škrobu na námi požadovanou maltózu zahrnuje tři stádia: mazovatění, ztekucení a zcukření.

Stádium mazovatění nastává po zahřátí roztoku. Díky zvýšené teplotě škrobová zrna začnou bobtnat a následně prskat, čímž dochází k uvolňování amylos a amylopektinu do roztoku. V rozmezí teplot 55 – 60 °C se amylosa rozpouští a amylopektin přechází v koloidní viskózní roztok škrobového mazu. Díky působení α -amylasy dochází k rozštěpení α -1,4-glukosidických vazeb uprostřed jednotlivých řetězců. Tím pádem je amylosa štěpena na oligosacharidy s 6 – 7 glukosami a amylopektin na řetězce s 6 – 13 jednotkami glukosy. Díky tomu rapidně klesá viskozita roztoku, dochází k takzvanému ztekucení. Třetí stádium zcukření nastává vlivem působení β -amylasy. Ta ze štěpů vzniklých při ztekucení odštěpuje disacharid maltózu. Jestliže mají amylosy sudý počet glukózových jednotek jsou rozštěpeny beze zbytku. Pokud je ovšem počet lichý, štěpení končí vznikem molekul maltotriose. Štěpení amylopektinu probíhá obdobně, ale končí na úsecích štěpení za vzniku hraničních dextrinů. Vazba 1,6 je pak štěpena hraniční dextrinase a končí vznikem zbytků s 2 – 4 glukosami. Hraniční dextrinase, ale nemá na uplatnění velké šance, neboť se inaktivuje při teplotě 65 °C. Obdobný problém v podobě inaktivační teploty cca 40 °C, je i s maltasou, která v začátku při nízkých teplotách štěpí maltosu na dvě glukosy, a v případě sacharasy, která štěpí sacharosu na fruktosu a glukosu, ale její inaktivační teplota je cca 55 °C^{1 3}

Ostatní chemické pochody při rmutování jako je štěpení bílkovin, lipidů a organických fosforečnanů jsou pro tuto práci irelevantní, a proto v této práci nebudou podrobně rozebírány. Důležité by byly v technologické praxi při vaření piva, neboť tyto procesy ovlivňují pěnivost, trvanlivost i senzorku piva.

TECHNOLOGICKÉ POSTUPY RMUTOVÁNÍ

V technologické praxi můžeme volit mezi různými postupy rmutování. Díky tomu můžeme upravit proces tak, aby nedostatky sladu vzniklé ať už při sladování nebo odrůdou, napáchaly co nejmenší škody. Každé rmutování začíná tzv. vystírkou popsanou výše.

Další průběh je ovlivněn zvoleným rmutovacím postupem. Postupy rozdělujeme na infuzní nebo dekokční. Při dekokčním postupu je vždy část objemu rmutu oddělena, samostatně zpracována, povařena a vrácena zpět. Při infuzním postupu se celý objem vystírky zvolna zahřívá až na deaktivální teploty.

INFUZNÍ RMUTOVÁNÍ

Infuzní rmutování je nejjednodušší způsob rmutování. Při tomto rmutovacím způsobu se slad vystře při teplotě 60 °C. Následně je provedena prodleva 30 – 40 minut. Dílo se poté ohřeje párou či horkou vodou za intenzivního míchání zabraňující lokálnímu přehřátí a tím i enzymatické inaktivaci, na 72 °C. Na této teplotě zařazujeme přestávku 20 minut. Následně zahřejeme na teplotu 76 °C, tedy na odrmutovací teplotu, při které udržujeme dílo dalších 20 minut. Proces infuzního rmutování tedy nezabere časový úsek delší než 100 minut. V případě zpracování normálně rozluštěných sladů je vystírka provedena na teplotě 50 °C a následný postup je stejný, celková doba trvání se navýší na 120 minut. ¹

Speciální formou infuzního rmutování, je rmutování takzvaně skokem. Vystírka probíhá při teplotě 35 °C, poté se dílo zapaří rovnou až na cukrotvornou teplotu 72 °C, následuje 30minutová prodleva. Dílo se pak ohřeje párou na odrmutovací teplotu. Tento způsob je ovšem vhodný pouze pro výrobu speciálních piv. Vlivem přeskočení nižších cukrotvorných teplot zůstává v mladině vysoký podíl dextrinů, neboť výše zmíněná hraniční dextrinasa je ihned inaktivována. ¹

DEKOKČNÍ RMUTOVÁNÍ

Po provedení vystírky jednu její část oddělíme přečerpáním do jiné nádoby, zde jí povaříme a přidáme zpět k původní vystírce. Povařením části sladu sice dochází k inaktivaci přítomných enzymů, ale rovněž dochází k rychlejšímu zmazovatění, a to i v hrubých či méně rozluštěných částech šrotu. Tato ohřátá část, při vrácení k původní vystírce zahřeje dílo na požadovanou teplotu a enzymy v původní vystírce rozštěpí rozpuštěné látky i u části s enzymy inaktivovanými. Oddělená část rmutu se vaří 10 – 15 minut. Delší vaření by bylo efektivní pouze u vaření tmavých piv. V opačném případě jde jen o zbytečný energetický výdej. U vrácení povařeného rmutu k původní vystírce je rovněž nutné rmut velmi dobře míchat, aby nedocházelo k lokálnímu přehřívání. ¹

JEDNO-RMUTOVÝ DEKOKČNÍ ZPŮSOB

Způsob nejvíce podobný infuznímu rmutování, je vhodný zejména pro dobře rozluštěné slady. Vystírání sladového šrotu je prováděna při teplotě 50 °C, následuje 15minutová prodleva. Párou nebo

horkou vodou se teplota zvýší na 62 °C. Opět následuje 15minutová prodleva a následné odebrání rmut. Odebraná část je zcukřena při vyšší teplotě a následně zahřívána k varu, v němž je 15 minut udržována. Jakmile rmut, za stálého míchání, vrátíme k původní vystírce, teplota skokově stoupne na 72 °C. Následuje 20minutová pauza a poté je rmut dohříván párou na 76 °C. Doba trvání tohoto postupu je asi 160 minut. ¹

DVOU-RMUTOVÝ DEKOKČNÍ ZPŮSOB

Je u nás nejpoužívanějším rmutovacím způsob. Vystírka probíhá při 37 °C, následuje fáze zapařování, tedy ohřev na 52 °C. První rmut je přečerpán do rmutovací pánve, kde se ohřívá rychlostí jeden stupeň za minutu na 63 °C. Zde je zařazena 10 – 20minutová prodleva, její délka závisí na enzymatické vybavenosti sladu. Po této prodlevě se rmut pozvolna prohřívá na 72 – 74 °C. Ke zcukření dochází obvykle mezi 10-15 minutami. Rmut je následně co nejrychleji přiveden k varu a v něm je držen cca 20 minut. Ve vystírací pánvi je mezitím teplota udržována na nižších cukrotvorných teplotách 62 – 64 °C. Druhý rmut je povařen cca 15 minut a jeho vrácením do vystírací pánve dosáhneme od rmutovací teploty. ¹

TŘÍ-RMUTOVÝ DEKOKČNÍ ZPŮSOB

Tento postup se v dnešní době již příliš nepoužívá, u sladů se kladou nároky na jejich vysoké rozluštění, a proto je tento způsob v dnešní době zbytečně energeticky náročný. Jeho zařazení by tedy mělo smysl jen u špatně rozluštěných sladů. Vystírka je provedena při 37 °C a díky prvnímu vrácení rmutu stoupá teplota na 50 – 53 °C. Vrácením druhého rmutu se teplota zvýší na 62 – 65 °C. Třetí rmut je vařen cca 10 minut, a to zejména díky jeho nízké hustotě. Po jeho vrácení se teplota zvýší na 75 – 78 °C, tedy na od rmutovací teplotu. ¹

V praktické části práce vycházíme z těchto principů a postupů. Proto je nezbytně nutná jejich znalost pro pozdější pochopení naší činnosti.

SCEZOVÁNÍ

Po dokončení rmutování máme tedy hotovou suspenzi sladových pluh ve vodném roztoku rozpuštěných látek, takzvanou sladinu. Cílem scezování je oddělit tyto části co nejdokonaleji od sebe. Scezování je prováděno ve dvou základních krocích, stékání předku a vyslazování mláta.

Zjednodušeně řečeno si díky regulovanému napouštění díla na scezovací dno vytvoříme filtrační vrstvu mláta, přes kterou pak cedíme sladinu. Je třeba ovšem dodržovat několik pravidel, aby mláto vytvořilo vhodnou filtrační vrstvu. V opačném případě bude docházet ke špatnému stékání a vyslazování. V takovém případě se nám budou zadržovat pracně vytvořené extraktivní látky v mlátě. ²

Scezování zásadně ovlivňuje viskozita sladiny, ta klesá s rostoucí teplotou a klesající koncentrací. Dále jej ovlivňuje rozluštěnost sladů. Pokud je slad dobře rozluštěn má dobře vymleté pluchy, které

jsou málo porušené a je zachován dobrý poměr sladové krupice s malým množstvím moučky. To je zásadní, protože porušení pluch ovlivňuje množství β -glukanů a moučka vytváří takzvané těstíčko, což je velice špatně propustná část mláta a jako taková je tedy nežádoucí.

TECHNICKÉ VYBAVENÍ

Scezovací kád' je válcová nádoba s mírně kónickým dnem, nad kterým je umístěno jalové dno. To je dno s úzkými otvory, které slouží ke scezování. Nad tímto dnem je umístěna kopačka. Tu si můžeme jednoduše představit jako velké otáčivé hrábě. Další vybavení je ovlivněno velikostí kádě, ale zpravidla najdeme v horní části trysku pro přítok vyslazovací vody. Pod jalovým dnem se pak nacházejí scezovací trubky na odvod sladiny, systém na vracení kalů zpět nad jalové dno a přítok do kádě umístěný nad jalovým dnem. Zpravidla je pod kádí nebo v jejím okolí umístěn skleněný průzor k pozorování čirosti sladiny. Čirou scezenou sladinu pak čerpáme díky čerpadlu do kádě, v níž bude probíhat chmelovar.¹

V praxi tedy scezování probíhá v následujících krocích.

Proces scezování se začíná takzvaným odvzdušněním soustavy, před čerpáním díla se do scezovací kádě napustí horká voda o teplotě 78 °C, takzvaná voda pod plechy. Tato voda vytlačí z pod jalového dna vzduch a zároveň nám scezovací kád' předeheje. Voda pod plechy dosahuje takové výšky, aby vyplnila oka v jalovém dně. Než začneme čerpat dílo na scezovací dno, je nutné nastavit kopačku před ústí výtoku, čímž zbrzdíme průtokovou rychlost a napomůžeme rozstříku po celé kádí. Tedy dílo se bude rovnoměrněji rozprostírat po dně. Po dokončení čerpání se dílo projede kopačkou, aby se vytvořila rovnoměrná vrstva, a následuje 20 – 30 minut odpočinku. Během této prodlevy se mláto usazuje a vytváří filtr, po dokončení odpočinku by měla hladina nad dnem být lesklou hnědou plochou, tzv. zrcadlo. Pokud je barva spíš rezavá či nehomogenní, odkazuje to na špatné vlastnosti sladu či rmutování. Následuje takzvané podráždění, pomocí rychlého zavírání a otvírání sousedních kohoutů vytvoříme pod dnem krátkodobý podtlak, díky němuž se zbavíme kalů z prostoru mezi pevným a jalovým dnem. Tyto kaly opatrně přepouštíme zpět do scezovací kádě horním přítokem, pod kterým jsme si zastavili kopačku, aby docházelo k co nejmenšímu rozvíření díla nad jalovým dnem. Pokud už z kohoutů vytéká čirá sladina zahajujeme fázi stékání předku, kohouty nikdy neotvíráme naplno, s velkou průtokovou rychlostí by se nám mláto utemovalo a zhoršila by se jeho propustnost. V momentě, kdy sladina klesne pod úroveň mláta, se kohouty zavřou, mláto se prokope a začne se napouštět vyslazovací voda. Teplota vyslazovací vody je 76 – 78 °C, při vyšších teplotách by vyloužené zbytky škrobu už nezucukřily. Vyslazování by mělo probíhat stejnou průtokovou rychlostí jako stékání předku. Při pomalém vyslazování se vyluhuje do díla větší množství polyfenolů. Vyslazuje se buďto nepřetržitě, to znamená, že kontinuálně napouštíme tolik vody, kolik odtéká. Nebo na dva až tři výstřelky. Tím je míněno, že napuštěný

objem se vždy nechá odtéct až do obnažení mláta a pak se proces opakuje. Při vyslazování máme puštěnou kopačku v takové pozici, aby v první fázi nejprve prořezávala jen vrchní vrstvy mláta a postupně ji spouštíme dolů tak aby ve finální fázi prořezávala mláto 5 – 10 cm nad jalovým dnem. Vyslazování na dva až tři výstřelky mívá větší výtěžnost. Je zásadní dbát na objem vyslazovací vody, při malém objemu v mlátě zbytečně zůstávají extraktivní látky. Naopak při zbytečně velkém objemu se nám sladina zbytečně naředí a zvyšuje se podíl vody, který bude muset být odpařen při chmelovaru.¹

Pro naši práci zmiňujeme pouze scezování ve scezovací kádi, používání mladinového filtru by bylo zbytečné rozebírat, i když v praxi se také používá.

CHMELOVAR

Při chmelovaru je celé dílo přepuštěno do varné kádě a přidává se chmel. Ten pivu dodá typickou nahořklou chuť a vůni. Nejvíce hořkosti pivu dodávají α -hořké kyseliny (humolony). Ty při procesu chmelovaru izomerují, čímž vytváří látky v mladině rozpustné i za studena a přispívají tak k tvorbě typické hořké chuti piva. Velký podíl isohumolonů β -hořkých kyselin se adsorbuje na hrubé kaly mladiny, její hořkost tak tvoří hlavně zbylý podíl isohumolonů. Z celkové hořkosti dodané ve chmelu se využije pouhých 25 – 35 %. Za typické chmelové aroma jsou odpovědné nezoxidované chmelové silice. Dávku kvalitního aromatického chmele je tedy dobré zařadit až na konec chmelovaru zhruba 15 – 20 minut před jeho ukončení. Neboť čím později je tato dávka přidána do chmelovaru, tím větší podíl silic zůstává zachován v mladině a pivu. Cílem chmelovaru je ovšem i vypařit přebytečnou vodu, která je do díla přidána při vyslazování mláta. Inaktivovat všechny enzymy, které jsme během varního procesu aktivovali. Sterilizovat mladinu-všechny mikroorganismy jsou zničeny při pH 5,3 – 5,7 již v prvních 15 minutách chmelovaru. Díky tomu, že mikroorganismy jsou během chmelovaru zničeny a enzymy inaktivovány dochází ke stabilizování mladiny. Cílem chmelovaru je tedy i pokles pH a nárůst barvy mladiny. Ta by měla vzrůst obvykle o jednu až dvě jednotky EBC a pH by mělo poklesnout o 0,15 – 0,25. Dalším cílem je tvorba redukujících látek takzvaných reduktonů, ty na sebe ochotně váží kyslík a chrání tak další složky extraktu před oxidací. S rostoucím obsahem reduktonů se tak zvyšuje stabilita piva. Mezi nejdůležitější cíle chmelovaru ovšem patří koagulace bílkovin a tvorba lomu mladiny. Sladina, která byla původně průhledná se při chmelovaru zakalí a následkem pokračování chmelovaru se z ní začnou vylučovat jemné vločky. Ty se postupně zvětšují do velkých shluků, tento proces je označován jako lom mladiny. Ke koagulaci bílkovin dochází ve dvou krocích, v prvním nejprve bílkoviny denaturují. Tedy ztrácejí svou prostorovou strukturu, ale stále zůstávají rozpustné. V druhé fázi pak nastává vlivem fyzikálně-chemických dějů, tedy působením optimálního pH a vysoké teploty, samotná koagulace bílkovin. Srážecí účinky polyfenolů se na koagulaci víceméně nepodílí, neboť jejich obsah v kalu mladiny se pohybuje mezi 4 – 8 %. Pro dosažení všech těchto cílů trvá chmelovar obvykle

90 – 120 minut. Pokud je prováděn v mladinové pánvi a 65 – 80 minut při provedení v moderních zařízeních. Doba chmelovaru musí být dostatečná pro splnění výše zmíněných cílů, ale na druhou stranu by neměla překračovat nezbytně dlouhou dobu. Při zbytečném prodlužování chmelovaru se zvyšuje energetická náročnost celého procesu a ten se tak logicky prodražuje.¹

TECHNICKÉ VYBAVENÍ

Vzhledem k iniciativě co nejvíc snížit energetickou náročnost chmelovaru na proces vaření piva, existuje velké množství typů zařízení, která jsou obvykle závislá na velikosti pivovaru. V zásadě k tomu stačí mladinová pánev, která je opatřena míchadlem a ohřevem. Je důležité mladinu po přepuštění rychle dovést k varu a zároveň zabránit lokálnímu přehřívání.

Po provedení chmelovaru následuje fáze zchlazení mladiny a následné zakvašování, pro tuto práci jsou tyto postupy už irelevantní, a proto nebudou popisovány. Zhruba je třeba pro představu jen říct, že je třeba mladinu schladit na adekvátní teplotu, aby následně přidané kvasinky přežily. Kultura kvasinek musí být čistá a následný úspěch dosažený při kvašení je závislý na podmínkách, jako je teplota, přístup vzduchu a dodržení hygienických zásad.¹

TEORIE UŽITÝCH METOD

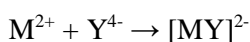
ORIENTAČNÍ STANOVENÍ TVRDOSTI VODY POMOCÍ MÝDLOVÉHO ROZTOKU

Při stanovení tvrdosti vody pomocí ethanolového roztoku mýdla využíváme toho, že hořčík a vápník v reakci s mýdlovým roztokem tvoří nerozpustné sloučeniny. Při pozorování tyto sloučeniny způsobují bílý zákal v roztoku. Teprve až když s mýdlem zreaguje všechen hořčík a vápník přestane se mýdlo spotřebovávat do těchto reakcí a roztok začne pění. Díky tomu můžeme orientačně stanovit, která voda je tvrdší a naopak. V zásadě by tedy měla okamžitě začít pění voda destilovaná, jakožto voda zbavená minerálů. Voda s největším obsahem dvoumocných prvků, především hořčíku a vápníku by pak měla začít jako poslední.¹⁴

CHELATOMETRICKÉ STANOVENÍ VODY

Chelatometrické stanovení patří mezi klasické stanovení odměrné analýzy. Odměrným roztokem tohoto stanovení je roztok komerčně známý jako Chelaton III. Fakticky se jedná o roztok disodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové.

Chelatometrie využívá principu komplexotvorných reakcí k indikaci bodu ekvivalence. Komplex, který vytvoří kationt kovu s chelatonem je totiž stabilnější než komplex, který kov vytváří s metalochromním indikátorem. Tyto s kovem vytvořené komplexy nazýváme cheláty. Reakce kovu s chelatonem nehledě na mocnost kovu vždy probíhá ve stechiometrickém poměru jedna ku jedné.



Pokud tedy známe tento poměr a množství chelatonu spotřebovaného k dosažení bodu ekvivalence. Tedy bodu, kdy všechna stanovovaná látka zreaguje s odměrným roztokem ve známém poměru. Můžeme vypočítat množství obsaženého kovu ve stanovovaném vzorku. Dle stanovovaného kovu je třeba udržovat ve vzorku stabilní pH, neboť to přímo ovlivňuje stabilitu vzniklých chelátů. Například u stanovování trojmocného hliníku je vhodné neutrální pH, pro stanovování trojmocného bismutu je vhodné kyselé pH a pro stanovování hořčíku a vápníku se budeme držet v zásadité oblasti. Stabilní pH udržujeme díky přidavku takzvaných pufrů, nebo správněji tlumivých roztoků. Ty díky svému složení dokáží udržet pH v požadovaném rozmezí, a to i po přidavku silné kyseliny či zásady. Pufr při reakci s přidanou látkou mění svoje složení a díky tomu zachovává požadované pH. Kapacita pufru čili jeho pufrační kapacita je ovšem omezená.¹⁹

Barevné metalochromní indikátory se volí v závislosti na stanovovaném kovu, a tedy i pH. Mechanismus fungování indikátoru spočívá v jeho reakci na změnu složení titrovaného roztoku. Indikátor ihned po přidání do vzorku zreaguje s obsaženým kovem a vytvoří barevný komplex. Tento komplex je ovšem méně stálý než komplex kovu s chelatonem. Při titraci chelatonem III tedy dochází k uvolňování kovu z komplexu s indikátorem a utváření komplexu s chelatonem. Projev bodu ekvivalence, tedy barevná změna, je dán tím, že indikátor má sám o sobě jinou barvu než prve vzniklý komplex s kovem. Takže po spotřebování veškerého kovu se objeví barva samotného indikátoru a my tak můžeme určit bod ekvivalence.¹⁹

Při stanovení vápenatých a hořečnatých iontů je nutné udržovat pH okolo 10 a stanovuje se na indikátor Eriochromčern T, jako pufr se používá roztok amoniaku a chloridu amonného. Tímto stanovením můžeme vyjádřit celkovou tvrdost vody. Množství samotných vápenatých iontů pak stanovujeme při pH = 12, na indikátor murexid a k úpravě pH používáme roztok hydroxidu sodného. Hořečnaté ionty v tomto prostředí vypadávají ve formě hydroxidu hořečnatého, tedy průhledné gelovité sraženině, která neruší stanovení vápenatých iontů. Ze spotřeb vypočítáme množství obsažených iontů, a pokud od celkové tvrdosti vody odečteme množství vápenatých iontů, známe i množství iontů hořečnatých.

OVĚŘENÍ VÝSKYTU ŽELEZNATÝCH IONTŮ VE VZORKU VODY

Podzemní vody se mineralizují při styku s podložím, po kterém stékají. Díky tomu, že nemají přístup ke kyslíku, se v nich mohou vyskytovat železnaté ionty. Jakmile voda opustí podzemní prostor, začne reagovat se vzdušným kyslíkem a železnaté ionty jsou okysličovány na železité ionty. Následně se pak železité sloučeniny usazují na místech styku s vodou a vytváří rezavé povlaky. V pivovarské praxi se okysličování vody provádí jejím rozstříkáváním na inertní materiál, díky tomu se povrch vody zvětší a rychleji tak dochází k okysličení železnatých iontů na železité. Ty se usazují na ostříkované ploše ve formě hydroxidu železitého a voda se tak zbaví

typické železné chuti, která by jinak ničila výslednou sensoriku piva. Nemluvě o tom, že by ionty železa mohly výsledně zpomalovat proces zcukření.

DESTILACE VZORKU PIVA

Destilace je metoda sloužící k oddělení dvou kapalin s různým bodem varu. Díky destilaci piva je možné ze vzorku vyseparovat obsažený alkohol, správněji ethanol. Ethanol má bod varu 78,3 °C, díky čemuž ho můžeme dobře oddělit od vody s bodem varu 100 °C. Mezi oběma teplotami je totiž dostatečné rozmezí. Zahříváním tedy vylučujeme páry ethanolu z roztoku, ty stoupají do chladiče. Zde díky ochlazování pomocí protékající vody stěnami chladiče kondenzují a stékají do kádinky. Během destilace je třeba hlídat teplotu odchozích par teploměrem. Průběh destilace je následující: stoupající teplota se zarazí kolem hodnoty varu ethanolu, dále začne stoupat až po jeho oddestilování. Tímto druhým stoupaním teploty destilace končí. Vše, co se začne odpařovat následně už jsou látky, které by nám zpátky ředily destilát.¹⁵

Pivo má obvykle dle druhu obsah ethanolu mezi 4 – 5,5 %. Pokud tedy destilujeme zhruba 150 ml piva, obsah ethanolu je teoreticky maximálně 6 – 7,75 ml. Destilát disponuje charakteristickým alkoholovým zápachem a chováním při stékání po skle. Ethanol má nižší viskozitu než voda, díky čemuž stéká rychleji po skle a vytváří tím stékající mapy a kapičky na rozdíl od jednodušší vrstvy stékající vody.²

OVĚŘENÍ OBSAHU ALKOHOLU V DESTILÁTU ZA POMOCÍ MODRÉ SKALICE

Pentahydrát síranu měďnatého je látka v ethanolu nerozpustná, po přidání do destilátu, který by měl být tvořen minimálně 30 % ethanolu, dle úspěšnosti při destilaci se bude velmi špatně rozpouštět.

Pokud tedy vytvoříme stupnici referentních roztoků o známé koncentraci ethanolu a se stejným objemem jako bude objem zkoušeného vzorku, můžeme dle porovnávání rozpouštění modré skalice zhruba určit kolik procent ethanolu se v roztoku nachází.

OVĚŘENÍ OBSAHU ALKOHOLU V DESTILÁTU POMOCÍ PRINCIPU PYKNOMETRIE

Pyknometrie je metoda určená ke stanovení hustoty kapaliny na základě srovnání její hmotnosti se standardem o známé hustotě. V praxi od sebe tedy odečítáme hmotnost prázdného pyknometru, hmotnost pyknometru naplněného destilovanou vodou a hmotnost pyknometru naplněného vzorkem. Jestliže od hmotností pyknometru odečteme hmotnost samotného pyknometru získáme vlastní hmotnost obou roztoků. Po přepočtu poměru hmotností obou roztoků pak dostaneme hustotu vzorku.

Pokud víme, které dvě kapaliny směs tvoří, pomocí tabulek závislosti hustoty směsi na složení můžeme určit jejich procentuálních obsah.

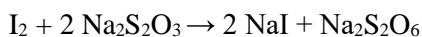
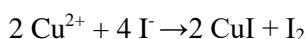
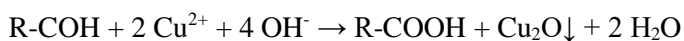
V zásadě je tedy nutné mít nádobu o přesně známé hmotnosti, tuto nádobu naplnit vždy stejným objemem (vzorku i standardu), aby rozdíl zjištěných hmotností měl vypovídající hodnotu a eliminovat chyby při vážení.

ZCUKŘOVACÍ ZKOUŠKA

Zcukřovací zkouškou detekujeme, zda jsou cukry obsažené ve vzorku redukující či nikoliv. Rozdíl mezi redukujícím a neredukujícím cukrem spočívá v přítomnosti volné aldehydové nebo ketonové funkční skupiny přítomné v molekule sacharidu. Prakticky pro nás rozdíl spočívá ve zkvasitelnosti. Kvasinky dokážou zpracovávat pouze redukující cukry. Jejich přítomnost se tedy prokazuje jodovou zkouškou. Jód v reakci se škrobem (coby polysacharidem) vykazuje intenzivní tmavomodré zbarvení. S postupujícím enzymatickým štěpením škrobu na jednodušší molekuly se zbarvení mění na tmavohnědé přes hnědé až k jasně žluté barvě, kterou jód reaguje v reakci s jednoduššími cukry. Žlutá barva tedy indikuje rozštěpení dlouhých řetězců molekul polysacharidů na redukující cukry.

STANOVENÍ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ DLE SCHOORLA

Principem metody je redukce měďnatých iontů Fehlingova činidla na oxid měďný, po okyselení kyselinou sírovou dojde k vyloučení nadbytku měďnatých iontů, které nezreagovaly s redukujícím cukrem. Ty jsou následně redukovány přídatkem jodidu draselného také na měďné, přičemž vzniká elementární jód a těžce rozpustný jodid měďný, který se projevuje jako bílá sraženina a vzniká reakcí nadbytku jodidu draselného s měďnými ionty. Ekvivalentní množství nadbytku elementárního jódu se titruje thiosíranem sodným, jeho spotřeba je pak díky tabulkám převedena na množství daného redukujícího cukru. Desetiny mililitrů je nutné spočítat pomocí interpolace mezi hodnotami pro hranice intervalu.⁷



Na rozdíl od chelatometrického stanovení tvrdosti vody se zde jedná o nepřímou zpětnou jodometrickou titraci. Neboť se stanovuje nadbytek elementárního jódu, který byl vyloučen z přebytku jodidu a měďnatých solí. Tudíž množství nadbytečného jódu je ekvivalentní k doplnění celkového množství měďnatých iontů, které byly do reakce vpraveny díky přídatku Fehlingova roztoku I. Jestliže si tedy představíme toto množství, odpovídající množství obsahu redukujících cukrů bylo zpracováno a jejich nadbytek sloužil k vyloučení elementárního jódu. Toho tedy mohlo vzniknout pouze množství odpovídající nadbytku měďnatých iontů. Je nutné ovšem vzít v potaz stechiometrické koeficienty plynoucích z rovnic viz výše.

Poměr mezi vznikající příslušnou kyselinou a měďnatými ionty je 2:1. To znamená, že na jednu molekulu redukujícího cukru je tedy potřeba dvou molekul měďnatých iontů. Z druhé rovnice pak vyplývá, že na jednu molekulu chloridu měďného je třeba dvou molekul jódu. Poměr je tedy 1:2. A z rovnice třetí se odvozuje množství thiosíranu potřebného ke vzniku jodidu sodného, tento poměr je 2:1. Ovšem vzhledem k tomu, že se jedná o jodometrickou metodu a uvažujeme elementární jód. Poměr tedy bude 1:1.

Schoorlova metoda je poměrně citlivá, je tedy nutné přesně dodržovat pracovní postup a znát přesnou koncentraci zásobního roztoku thiosíranu sodného.

PRAKTICKÁ ČÁST

PŘÍPRAVA NA SAMOTNÉ STANOVENÍ

Praktickou část diplomové práce jsem začala přípravou zásobních roztoků Fehlingu I, II a thiosíranu sodného. Ostatní roztoky jako jsou puify pro chelatometrické stanovení, či používané kyseliny byly již k dispozici v potřebných koncentracích.

PŘÍPRAVA FEHLINGOVÝCH ROZTOKŮ

Fehlingy jsou roztoky s přesně daným složením, navázila jsem tedy 34,64 g pentahydrátu síranu měďnatého k přípravě Fehlingu I. Navážku jsem převedla do odměrné baňky na 500 ml a rozpustila v malém množství destilované vody. Po úplném rozpuštění jsem nechala roztok odstát a následně doplnila destilovanou vodou po rysku. Stejným způsobem jsem připravila i roztok Fehlingu II. Navázila jsem 173 g vinanu sodno-draselného a 120 g hydroxidu sodného, navážky jsem opět převedla do odměrné baňky na 500 ml. Rozpustila v menším množství destilované vody a nechala odstát. Následně jsem doplnila baňku destilovanou vodou po rysku.

PŘÍPRAVA THIOSÍRANU SODNÉHO

Pro stanovení redukujících cukrů jsem potřebovala roztok thiosíranu o koncentraci $0,1 \text{ mol/dm}^3$. Navážka byla tedy spočítána následujícím způsobem:

$$V_{\text{roztoku}} = 1000 \text{ ml} \qquad c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,1 \text{ mol/dm}^3 \qquad M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 248,21$$

$$m = c \cdot V \cdot M = 1 \cdot 0,1 \cdot 248,21 = \underline{\underline{24,821 \text{ g}}}$$

Spočtenou navážku jsem kvantitativně převedla do odměrné baňky a rozpustila jí v menším množství destilované vody. Po rozpuštění pevné navážky jsem roztok nechala odstát a posléze jsem doplnila destilovanou vodou po rysku. Na závěr jsem všechny roztoky řádně promíchala.

Roztoky jsem připravovala dopředu, abych je mohla nechat ustálit. Roztok thiosíranu jsem nefaktorizovala, neboť pro naše demonstrační stanovení to nebylo potřeba.

STANOVENÍ ORIENTAČNÍ TVRDOSTI VODY POMOCÍ MÝDLOVÉHO ROZTOKU

Pro provedení tohoto stanovení bylo nejprve potřeba připravit si ethanolový roztok mýdla. Ten jsem vytvořila zalitím 25 gramů mýdla ethanolem. Vzniklou směs jsem důkladně promíchala a následně filtrovala přes filtrační papír. Díky tomu se odfiltroval přebytek mýdla a zůstal mi čirý mýdlový roztok. Následně jsem nejprve do všech čtyř lahvíček nalila po 100 mililitrech od každého vzorku. Jako vzorky byly použity Vincentka, Magnesia, Mattoni a destilovaná voda. Tyto vzorky jsem následně postupně titrovala mýdlem. Mýdlový roztok jsem přidávala pomocí kapátka o obsahu 1 ml. V našem případě se jedná pouze o orientační stanovení, neboť mýdlový roztok nemáme nakalibrovaný. Můžeme ovšem porovnávat výsledky jednotlivých vzorků mezi sebou a provést tak srovnávací stanovení. Spotřeby mýdlového roztoku byly následující:

<i>Spotřeba mýdlového roztoku při titracích jednotlivých vzorků</i>	
Druh vody	Spotřeba roztoku mýdla v ml
Destilovaná voda	2 ml
Vincentka	12 ml
Magnesia	34 ml
Mattoni	27 ml

V následující tabulce jsou hodnoty obsažených pro nás zásadních kationtů, vypsané z informací od výrobce:

<i>Obsah kationtů v jednotlivých vzorcích</i>			
Druh vody	Ca²⁺ [mg/l]	Mg²⁺ [mg/l]	Na⁺ [mg/l]
Mattoni	84,50	25,00	69,90
Magnesia	37,40	170,00	6,17
Vincentka	231,00	16,90	2330,00
Destilovaná voda	0	0	0

V uvedené tabulce můžeme vidět, že největší spotřebu mýdlového roztoku vyžadovalo titrování vzorku Magnesie tedy 34 ml mýdla na 100 ml vzorku. Magnesie má nejvyšší podíl hořčíku, ale co se týče vápníku a sodíku vyhrává Vincentka. Pokud se ovšem podíváme do tabulky titrací, na Vincentku bylo třeba pouze 12 ml mýdlového roztoku, což je druhá nejnižší hodnota hned po destilované vodě. Spotřeby odpovídají faktu, že vápník a hořčík vytvářejí v reakci s mýdlem nerozpustné sloučeniny. Pokud hodnoty těchto kationtů sečteme hodnoty jsou následující:

<i>Obsah kationtů v jednotlivých vzorcích</i>		
Druh vody	Ca²⁺ + Mg²⁺ [mg/l]	Na⁺ [mg/l]
Mattoni	109,50	69,90
Magnesia	207,40	6,17
Vincentka	247,90	2330,00
Destilovaná voda	0	0

Dalo by se z výše uvedených hodnot očekávat, že nevyšší spotřeba mýdla bude u Vincentky. Stanovení nám v tomto případě ovšem narušuje vysoký obsah sodíku. Ten funguje jako změkčovač vody, a proto zásadním způsobem ovlivňuje následnou spotřebu mýdlového roztoku do vypěnění. Nejtvrdsí vodou je tedy dle našeho stanovení Magnesia. Následuje Mattoni, Vincentka a nejměkčí vodou je samozřejmě destilovaná voda, která je bez obsahu minerálních látek, a tudíž se přidaný mýdlový roztok nepotřebává chemickou reakcí a vzorek okamžitě pění. Tvrдость vody je tedy závislá nejen na množství obsažených iontů, ale i na jejich druhu.

CHELATOMETRICKÉ STANOVENÍ VODY

Stanovení tvrdosti vody bylo prováděno s několika typy nádobí. Metody jsou navrhovány pro praktickou výuku žáků. Z tohoto důvodu bylo používáno nádobí voleno s ohledem na různé stupně vybavenosti škol. Všechna stanovení jsem tedy provedla ve variantě s byretou kohoutkovou o obsahu 25 ml, poté s kohoutkovou byretou o obsahu 10 ml a následně s automatickou byretou o obsahu 10 ml. Stanovení byla provedena i s úpravou obsahu stanovovaného vzorku s ohledem na praktičnost stanovení co se týče spotřeby i odměrného nádobí, které by na škole mohlo být přítomno. V jedné variantě jsem tedy pipetovala 25 ml a ve druhé 50 ml. Obsah 100 ml nebyl zkoušen, neboť nepředpokládám, že na škole budou přítomny pipety o obsahu 100 ml. Na základě zkušeností mohu prohlásit, že z praktického hlediska by se k našim účelům stanovení dal použít odměrný válec k naměření obsahu vzorku. Ovšem z hlediska didaktického bych tento krok nedoporučovala, protože je zde větší riziko vzniku chyby měření. Samotné stanovení probíhalo následujícím způsobem.

STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOSTI VODY

Do titrační baňky jsem vpravila požadovaný obsah vzorku, přidala jsem k němu 4 ml amoniakálního pufru a na špičku lžičky indikátor Eriochromčern T. Obsah přidávaného pufru se může v návodech lišit, zde je třeba udržet pH kolem 10. Ze zkušenosti musí být amoniak z roztoku připraveného k titraci zřetelně cítit. Pokud je k dispozici starší pufr je možné, že jeho potřeba bude větší. Co se týče množství indikátoru, je vhodné, aby roztok byl zřetelně obarven, ovšem příliš sytá barva může vést k jeho přetitrování, neboť se špatně detekuje začínající barevná změna. Takto připravený vzorek jsem titrovala Chelatonem III o koncentraci 0,02 mol/dm³

Nejprve bylo provedeno stanovení s použitím automatické byrety o obsahu 10 ml a obsah titrovaného vzorku byl 25 ml. Spotřeby jednotlivých titrací byly následující:

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	1,60
2	1,60
3	1,65
4	1,60
5	1,65
Průměrná spotřeba: 1,62 ml	

Výpočty:

Pro výpočet celkové tvrdosti vody byl použit následující vzorec:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{c_{CHIII} * V_{SpCHIII} * 1000}{V_{vz}}$$

Kde:

c_{CHIII} je koncentrace odměrného roztoku Chelatonu III

$V_{SpCHIII}$ je spotřeba Chelatonu III v ml

V_{vz} je obsah pipetovaného vzorku v ml

1000 je přepočítávací faktor (přepočet mol/dm³ na mmol/dm³)

Tedy po dosazení:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,62 * 1000}{25} = 1,296 \text{ mmol/dm}^3$$

Většinou se dle dat Vodárny Plzeň tvrdost pohybuje kolem 1,53 mmol/dm³ rozdíl od našeho stanovení tedy 1,296 mmol/dm³ je 0,234 mmol/dm³. Vzhledem k jinému způsobu a místu odběru vzorku a k proměnlivosti tohoto ukazatele je tato odchylka irelevantní a dá se tak předpokládat, že mnou stanovená hodnota odpovídá skutečnosti. Dle stanovení se tedy jedná o středně tvrdou vodu (viz tabulka), což odpovídá obecné charakteristice plzeňské vody.

<i>Tvrdość vody</i>	
Ca a Mg [mmol/l]	Slovní charakteristika
0,00 – 0,50	velmi měkká
0,50 – 1,25	měkká
1,25 – 2,50	středně tvrdá
2,50 – 3,75	tvrdá
nad 3,75	velmi tvrdá

Tabulka 4 Tvrdość vody Zdroj: Přehled mezi tvrdosti vody. In: Vodárna Plzeň: tvrdost vody [online]. Plzeň, 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.vodarna.cz/tvrdość-vody/>

Následně byla provedena stanovení s alternativním nádobím a objemy pro posouzení jejich využitelnosti.

STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOŚTI VODY S VYUŽITÍM ALTERNATIVNÍHO NÁDOBÍ

Do titrační baňky jsem pipetovala příslušné množství vzorku, přidala jsem k němu několik ml amoniakálního pufru a na špičku lžičky indikátor Eriochromčern T. Takto připravený vzorek jsem ihned titrovala Chelatonem III o koncentraci 0,02 mol/dm³. U každého z následujících stanovení byly provedeny pouze tři titrace, neboť jeho charakter je čistě porovnávací. Všechna stanovení byly provedeny dle stejného postupu jako původní stanovení celkové tvrdosti vody.

STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOŚTI VODY ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 25 ML SE VZORKEM O OBSAHU 25 ML

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	1,80
2	1,70
3	1,80

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet celkové tvrdosti vody viz výše:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,7 * 1000}{25} = 1,36 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,7 * 1000}{25} = 1,36 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,8 * 1000}{25} = 1,44 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 1,386 mmol/dm³

**STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOSTI VODY ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 25 ML SE VZORKEM
O OBSAHU 50 ML**

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	3,20
2	3,20
3	3,30

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet celkové tvrdosti vody viz výše:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 3,2 * 1000}{50} = 1,28 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 3,2 * 1000}{50} = 1,28 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 3,3 * 1000}{50} = 1,32 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 1,293 mmol/dm³

**STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOSTI VODY ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 10 ML SE VZORKEM
O OBSAHU 25 ML**

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	1,60
2	1,65
3	1,60

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet celkové tvrdosti vody viz výše:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,65 * 1000}{25} = 1,32 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,60 * 1000}{25} = 1,28 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 1,60 * 1000}{25} = 1,28 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 1,293 mmol/dm³

STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOSTI VODY ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 10 ML SE VZORKEM O OBSAHU 50 ML

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	3,15
2	3,15
3	3,20

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet celkové tvrdosti vody viz výše:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 3,15 * 1000}{50} = 1,26 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 3,15 * 1000}{50} = 1,26 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{0,02 * 3,20 * 1000}{50} = 1,28 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 1,267 mmol/dm³

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ

Do titrační baňky jsem vpravila požadovaný obsah vzorku, přidala jsem k němu 4 ml roztoku NaOH o $c = 1 \text{ mol/dm}^3$ a na špičku lžičky indikátor Murexid. Takto připravený vzorek jsem titrovala Chelatonem III o koncentraci 0,02 mol/dm³ do barevné změny z růžové na fialovou.

Nejprve bylo provedeno stanovení s použitím automatické byrety o obsahu 10 ml a obsah titrovaného vzorku byl 25 ml. Spotřeby jednotlivých titrací byly následující:

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	0,9
2	0,9
3	1,0
4	0,9
5	0,9
Průměrná spotřeba: 0,92 ml	

Výpočty:

Pro výpočet obsahu vápenatých iontů byl použit následující vzorec:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{c_{CHIII} * V_{SpCHIII} * 1000}{V_{vz}}$$

Kde:

c_{CHIII} je koncentrace odměrného roztoku Chelatonu III

$V_{SpCHIII}$ je spotřeba Chelatonu III v ml

V_{vz} je obsah pipetovaného vzorku v ml

1000 je přepočítávací faktor (přepočet mol/dm³ na mmol/dm³)

Tedy po dosazení:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,92 * 1000}{25} = 0,736 \text{ mmol/dm}^3$$

Následně byla provedena stanovení s alternativním nádobím a objemy pro posouzení jejich využitelnosti.

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ S VYUŽITÍM ALTERNATIVNÍHO NÁDOBÍ

Do titrační baňky jsem pipetovala příslušné množství vzorku, přidala jsem k němu roztok NaOH o $c = 1 \text{ mol/dm}^3$ a na špičku lžičky indikátor Murexid. Takto připravený vzorek jsem ihned titrovala Chelatonem III o koncentraci $0,02 \text{ mol/dm}^3$. U všech alternativ stanovení byly provedeny tři titrace z důvodu jejich srovnávacího charakteru. Všechna stanovení byla provedena stejným postupem jako původní stanovení vápenatých iontů.

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 25 ML SE VZORKEM O OBSAHU 25 ML

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	0,8
2	0,9
3	0,9

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet celkové tvrdosti vody viz výše:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,8 * 1000}{25} = 0,64 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,9 * 1000}{25} = 0,72 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,9 * 1000}{25} = 0,72 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 0,693 mmol/dm³

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 25 ML SE VZORKEM O OBSAHU 50 ML

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	1,8
2	1,8
3	1,9

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet množství vápenatých iontů vody viz výše:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 1,8 * 1000}{50} = 0,72 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 1,8 * 1000}{50} = 0,72 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 1,9 * 1000}{50} = 0,76 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 0,733 mmol/dm³

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 10 ML SE VZORKEM O OBSAHU 25 ML

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	0,9
2	0,85
3	0,85

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet množství vápenatých iontů vody viz výše:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,85 * 1000}{25} = 0,68 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,85 * 1000}{25} = 0,68 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 0,9 * 1000}{25} = 0,72 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 0,693 mmol/dm³

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ ZA VYUŽITÍ KOHOUTKOVÉ BYRETY 10 ML SE VZORKEM O OBSAHU 50 ML

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	1,55
2	1,55
3	1,60

Výpočty:

Hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet množství vápenatých iontů vody viz výše:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 1,55 * 1000}{50} = 0,62 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 1,55 * 1000}{50} = 0,62 \text{ mmol/dm}^3$$

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{0,02 * 1,6 * 1000}{50} = 0,64 \text{ mmol/dm}^3$$

Průměr získaných hodnot: 0,626 mmol/dm³

Z výsledků jednotlivých stanovení, lze tedy pozorovat rozdíl v odchylkách vypočítaných hodnot. S ohledem na použité nádoby a jeho přesnost při určitých objemech lze tedy vyvodit vliv na přesnost stanovení. Při odečtu nižší spotřeby odměrného roztoku se odchylka stává procentuálně závažnější a může tak víc zkreslovat samotný výsledek. Z porovnání jednotlivých stanovení tedy můžeme pozorovat, že pro zachování co největší přesnosti je dobré volit nádoby úměrné používaným obsahům. Neboť, jak je vidět z výsledků i rozdíl spotřeby o setiny mililitrů při nízkých spotřebách dokáže výrazně ovlivnit celé stanovení. Jako nejlepší kombinací se tedy jeví buďto kohoutková byreta o obsahu 25 ml s obsahem vzorku 50 ml nebo kohoutková byreta o obsahu 10 ml s obsahem vzorku 25 ml. Co se týče praktičnosti a rychlosti stanovení je nejlépe používat automatickou byretu o obsahu 10 ml. Práce s ní je jednoduchá a rychlá. Problémem je, že se nedá očekávat, že by na běžných školách byla k dispozici. Druhou nejlepší variantou se mi tedy jeví kohoutková byreta o obsahu 25 ml s obsahem vzorku 50 ml. Kohoutkovou byretu s obsahem 10 ml příliš nedoporučuji s dětmi používat, neboť se velice neprakticky plní. Úzké hrdlo často přetéká, a ne na všech školách jsou přítomny mikronálevky, kterými by se tento problém dal jednoduše vyřešit. Pokud by tedy byly k dispozici jak tyto byrety, tak nálevky, v souvislosti se vzorkem o obsahu 25 ml by se jednalo o ideální kombinaci. Díky nižšímu obsahu byrety by se snížila i spotřeba Chelatonu III a tím i finanční náročnost stanovení. Při obsahu pouhých 25 ml pipetovaného vzorku by se navíc snížila i spotřeba indikátoru potřebného k probarvení vzorku.

OVĚŘENÍ VÝSKYTU ŽELEZNATÝCH IONTŮ VE VZORKU VODY

Vzorek vody odebrané z železnatého pramene jsem nechala den odstát a následně jej filtrovala přes filtrační papír. Již při malých objemech vody přelité přes filtr se na filtračním papíře usazovali částičky zoxidovaných železnatých iontů. V pivovarské praxi se železnaté ionty z vody odstraňují jejím rozstříkáním na inertní materiál. S cílem co nejvíce přizpůsobit stanovení technologické praxi jsem se pokusila rozstříkovat vodu s vysokým obsahem železnatých iontů na bílý křemičitý písek, bohužel tato metoda se ukázala jako zcela nefunkční. Částičky na povrchu písku nebyly vůbec patrné, a i v sušárně písek velice dlouho usychal (to i v případech s menším objemem vody).

DESTILACE VZORKU PIVA

Pro provedení tohoto pokusu je třeba si nejprve připravit vzorek piva. Pivo jsem ihned po otevření znehodnotila přidávkem pentahydrátu síranu měďnatého. Pentahydrát síranu měďnatého vzorek intenzivně barví do zelenomodré barvy a vzorek se tím stává nepoživatelný, což zamezí případným pokusům o ochutnávání. Na druhou stranu není pentahydrát síranu měďnatého natolik toxická, aby způsobila vážnou akutní či chronickou otravu. Způsobuje však nevolnost. K tomu, abych mohla vzorek destilovat, jsem jej musela řádně odpěnit. Pivo jsem tedy nejprve vymíchala skleněnou

tyčinkou, abych jej co nejlépe zbavila pěny a následně jej přelávala z výšky z kádinky do kádinky. Tím se uvolňoval oxid uhličitý. Na povrchu vyloučenou pěnu jsem následně vždy před dalším přelitím sebrala. O několika opakováních již pivo nepěnilo. Takto upravený vzorek jsem slila z posledních zbytků pěny a odměřila pomocí odměrného válce 150 ml. Těchto 150 ml jsem následně přelila do destilační baňky a přidala varné kamínky. Destilační baňku jsem umístila do topného hnízda a uzavřela chladičem. Poté jsem začala s ohříváním. Při prvních náznacích pění vzorku v baňce jsem na ni několikrát lehce poklepala, aby vzniklá pěna nevyvzlínala až do chladiče. Zahřívání se nejprve ustálilo přibližně na 80 °C, na této teplotě jsem vzorek udržovala přibližně deset minut a následně destilaci ukončila. Destilaci jsem provedla celkem třikrát s různými vzorky.

DESTILACE NEALKOHOLICKÉHO PIVA

Tato destilace byla provedena jako kontrolní, byla provedena za stejných podmínek a sloužila jako důkaz toho, že se z nealkoholického piva tímto způsobem nedá vydestilovat zbytkový ethanol.

DESTILACE PILSNER URQUELL 12°

Tato destilace se ukázala být jako špatně zvolená. Plzeňská 12° má pouze 4,4 % ethanolu a vzorek má i po odpěnění tendenci pění během destilace. Což je samozřejmě nežádoucí jev, jehož vlivem se znehodnocuje celé stanovení.

DESTILACE GAMBRINUS PATRON 12°

Tento vzorek byl zvolen s ohledem na poměrně vysoký obsah ethanolu 5,2 %. Vzorek během destilace nepěnil tak moc jako plzeňská 12° a podařilo se z něj úspěšně vydestilovat přes 4 mililitry destilátu. Odpěnění tohoto piva ovšem trvalo podstatně déle než odpěnění u jiných vzorků.

DESTILACE HEINEKEN

Heineken se ukázal být nejlépe zpracovatelným vzorkem, poměrně rychle šel odpěnit. Díky obsahu ethanolu 5 % se dalo opět vydestilovat asi 4 mililitry destilátu a neprojevoval se problém s pěněním vzorku během destilace.

Z destilací jsem tedy dostaly tři vzorky. Tyto vzorky jsem převedla do vialek a byly dále stanovovány.

STANOVENÍ VZORKU POMOCÍ METODY S PYKNOMETRICKÝM PRINCIPEM

Pro porovnávání hmotností a následný výpočet jsem si nejprve zvážila suchou vialku s víčkem. Pro další vážení musí být využita ta samá vialka. Poté jsem ji naplnila destilovanou vodou a opět i s víčkem zvážila. Vodu jsem následně z vialky vylila a vypláchla ji ethanolem a vysušila. Suchou čistou vialku jsem naplnila vzorkem a opět zvážila. Z naměřených hodnot jsem pak vypočetla hustotu

a z tabulky odečetla obsah ethanolu.²⁰ Pokus jsem provedla se dvěma způsoby plnění. V jedné variantě jsem plnila vialku po rysku 1,5 ml. Zde jsem si pomocí injekční stříkačky ověřila, že ryska opravdu odpovídá objemu 1,5 ml. Druhý způsob plnění byl po horní hranu vialky a byl vyzkoušen za účelem zvýšení hmotnosti celé soustavy.

<i>Navážky vialky doplněné po závit</i>			
Druh piva	Prázdná vialka [g]	Vialka + vzorek [g]	Vialka + voda [g]
Gambrinus 12°Patron 5,2 %	2,31	4,12	4,29
Heineken 5 %	2,30	4,06	4,24
Plzeňská 12° 4,4 %	2,33	3,92	4,15

<i>Navážky vialky naplněné po rysku 1,5 ml</i>			
Druh piva	Prázdná vialka [g]	Vialka + vzorek [g]	Vialka + voda [g]
Gambrinus 12°Patron 5,2 %	2,31	3,78	3,90
Heineken 5 %	2,30	3,67	3,90
Plzeňská 12° 4,4 %	2,33	3,60	3,86

Z těchto navážek jsem provedla výpočty za účelem stanovení hustoty vzorku a obsah alkoholu jsem následně vyhledala v tabulkách.

Výpočty:

Pro výpočty hustoty byl použit následující vzorec

$$\rho_{vz} = \frac{m_{pyk+vz} - m_{pyk}}{m_{pyk+H_2O} - m_{pyk}} * \rho_{H_2O(20^\circ C)}$$

Kde:

m_{pyk+vz} je hmotnost pyknometru naplněného stanovovanou kapalinou

m_{pyk} je hmotnost suchého čistého pyknometru

m_{pyk+H_2O} je hmotnost pyknometru naplněného destilovanou vodou

$\rho_{H_2O(20^\circ C)}$ je hustota destilované vody při teplotě 20 °C (laboratorní teplota) → 998,2002 kg/m³

ρ_{vz} je hustota stanovované kapaliny

Hustota vzorku „Gambrinus 12“

Stanovení s vialkou doplněnou po rysku 1,5 ml

$$\rho_{vz} = \frac{3,78-2,31}{3,90-2,31} * 998,2002 = 922 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 40 \% \text{ ethanolu}$$

Stanovení s vialkou doplněnou po závit

$$\rho_{vz} = \frac{4,12-2,31}{4,29-2,31} * 998,2002 = 912 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 50 \% \text{ ethanolu}$$

Hustota vzorku „Heineken“

Stanovení s vialkou doplněnou po rysku 1,5 ml

$$\rho_{vz} = \frac{3,67-2,30}{3,90-2,30} * 998,2002 = 854 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 70 \% \text{ ethanolu}$$

Stanovení s vialkou doplněnou po závit

$$\rho_{vz} = \frac{4,06-2,30}{4,24-2,30} * 998,2002 = 905 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 50 \% \text{ ethanolu}$$

Hustota vzorku „Pilsner Urquell 12“

Stanovení s vialkou doplněnou po rysku 1,5 ml

$$\rho_{vz} = \frac{3,60-2,33}{3,86-2,33} * 998,2002 = 828 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 80 \% \text{ ethanolu}$$

Stanovení s vialkou doplněnou po závit

$$\rho_{vz} = \frac{3,92-2,33}{4,15-2,33} * 998,2002 = 872 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 60 \% \text{ ethanolu}$$

KONTROLNÍ STANOVENÍ HUSTOTY U VZORKU SE ZNÁMOU HUSTOTOU.

K ověření metody byl použit technický líh s udanou hustotou 800 – 820 kg/m³

Stanovení probíhalo stejně jako při stanovování vzorku. Tedy zvažila jsem si prázdnou suchou vialku, následně vialku naplněnou technickým lihem a poté stejně naplněnou vialku destilovanou vodou. Provedla jsem výpočet hustoty. Hodnoty byly následující.

<i>Kontrolní vážení vialky se známým vzorkem</i>			
Plnění	Prázdna vialka [g]	Vialka + vzorek [g]	Vialka + voda [g]
Po rysku 1,5 ml	2,70	3,93	4,18
Po závit	2,70	4,19	4,52

Kontrolní stanovení vialky naplněné po rysku 1,5 ml

$$\rho_{vz} = \frac{3,93-2,7}{4,18-2,7} * 998,2002 = 829 \text{ kg/m}^3$$

Kontrolní stanovení vialky naplněné po závit

$$\rho_{vz} = \frac{4,19 - 2,7}{4,52 - 2,7} * 998,2002 = 817 \text{ kg/m}^3$$

Vzhledem k nejednoznačnosti výsledků jsem tuto metodu vyzkoušela ještě při použití injekční stříkačky coby pyknometru. Výhody injekční stříkačky jsou v garantované přesnosti stupnice měření. Pokud má jehla takto úzké hrdlo, nedochází k téměř žádnému odparu i koncentrovaných roztoků lihu. Navíc jsou běžně dostupné a finančně nenáročné. Stanovení probíhalo tedy principiálně stejně, pro injekční stříkačku 0,5 ml byly ovšem hodnoty neměřitelné. Vzhledem k nízkému objemu vzorku a nízké hmotnosti celé soustavy, byl rozdíl hmotností na normálních laboratorních vahách neprokazatelný. Hodnoty pro injekční stříkačku o objemu 1 ml již byly vypovídající. Stříkačka byla měřena vždy i s jehlou a pístem, a to suchá, naplněná destilovanou vodou a naplněná vzorkem a uzavřená víčkem zakrývající jehlu.

<i>Navážky injekční inzulínové stříkačky</i>			
Druh piva	Prázdná inzulínka [g]	Inzulínka + vzorek [g]	Inzulínka + voda [g]
Gambrinus 12° Patron 5,2 %	2,49	3,43	3,48
Heineken 5 %	2,49	3,40	3,48
Plzeňská 12° 4,4 %	2,49	3,36	3,48

Výpočty:

Pro výpočty byl stanoven stejný postup jako u vialek.

$$\rho_{vz} = \frac{m_{pyk+vz} - m_{pyk}}{m_{pyk+H_2O} - m_{pyk}} * \rho_{H_2O(20^\circ C)}$$

Kde:

m_{pyk+vz} je hmotnost pyknometru naplněného stanovovanou kapalinou

m_{pyk} je hmotnost suchého čistého pyknometru

m_{pyk+H_2O} je hmotnost pyknometru naplněného destilovanou vodou

$\rho_{H_2O(20^\circ C)}$ je hustota destilované vody při teplotě 20 °C (laboratorní teplota) → 998,2002 kg/m³

ρ_{vz} je hustota stanovované kapaliny

Hustota vzorku „Gambrinus 12“

$$\rho_{vz} = \frac{3,43-2,49}{3,48-2,49} * 998,2002 = 947 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 30 \% \text{ ethanolu}$$

Hustota vzorku „Heineken“

$$\rho_{vz} = \frac{3,40-2,49}{3,48-2,49} * 998,2002 = 917 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 40 \% \text{ ethanolu}$$

Hustota vzorku „Pilsner Urquell 12“

$$\rho_{vz} = \frac{3,36-2,49}{3,48-2,49} * 998,2002 = 877 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 60 \% \text{ ethanolu}$$

KONTROLNÍ STANOVENÍ HUSTOTY U VZORKU SE ZNÁMOU HUSTOTOU.

K ověření metody byl použit technický líh s garantovanou hustotou 800 – 820 kg/m³

Stanovení probíhalo stejně jako při stanovování vzorku. Tedy zvažila jsem si prázdnou suchou inzulinku, následně inzulinku naplněnou technickým lihem a poté stejně naplněnou inzulinku destilovanou vodou. Provedla jsem výpočet hustoty. Hodnoty byly následující:

<i>Kontrolní vážení injekční stříkačky se známým vzorkem</i>			
Plnění	Prázdná inzulinka [g]	Inzulinka + vzorek [g]	Inzulinka + voda [g]
Obsah inzulinky 1 ml	2,90	3,71	3,91

$$\rho_{vz} = \frac{3,71-2,9}{3,91-2,9} * 998,2002 = 800 \text{ kg/m}^3$$

Pokud se zaměříme na jednotlivé výsledky, jako nejvěrohodnější bych uznala výsledky získané při využití injekční stříkačky coby pyknometru. Injekční stříkačka má přesnou stupnici a při správném naplnění v ní není vzduch zkreslující stanovení. Díky malému průměru jehly prakticky nedochází k odparu vzorku. Injekční stříkačka svými vlastnostmi minimalizuje chybu, která by mohla vzniknout při plnění. Výsledek stanovení technického lihu (braného jako standard) se drží uvnitř intervalu hustoty garantované výrobcem. Láhev lihu byla navíc nově otevřená, takže znečištění lihu vzdušnou vlhkostí by mělo být v podstatě nulové. Ovšem je nutné počítat se zkreslením výsledku, neboť denaturovaný líh už není dvousložková směs pro, kterou je tabulka závislosti určená. Co se týče vialek, výsledky jsou značně nejednoznačné u kontrolního měření se v mezích určených garantovanou hustotou držel způsob plnění vialky po závit. Pokud přihlédnu k výsledkům ze stanovení jednotlivých vzorků výsledky z plnění vialek po závit mi přijdou reálnější

a mnohem bližší těm ze stanovení pomocí injekční stříkačky. Vzhledem k použitým vahám a opravdu malým objemům lze počítat s hustotou pouze v řádech jednotek a s procenty spíš v řádech desítek. Můžeme tedy zhruba určit procentuální obsah ethanolu, ovšem pokud srovnáme dva výsledky u jednoho vzorku a uvážíme množství vzorku a rozdíl mezi výsledky, jsou tyto rozdíly v podstatě zanedbatelné. Metoda není naprosto přesná, ale k didaktickým účelům se použít jistě dá. Vzhledem k tomu, že u žáků není vhodná práce s větším objemem destilátu, aby bylo možné stanovení hustoty pomocí hustoměru. A vzhledem k předpokládané absenci pyknometrů ve vybavení školních laboratoří je to metoda, která sice není úplně přesná, ale umožňuje nám potvrdit, že výsledkem naší destilace je skutečně roztok alkoholu a přibližně určit o jaké koncentraci.

STANOVENÍ VZORKU ALKOHOLU NA ZÁKLADĚ ROZPUSTNOSTI PENTAHYDRÁTU SÍRANU MĚĎNATÉHO

Pomůcky: vialky, inzulinové injekční stříkačky o objemu 0,5 a 1 ml, lžička, váhy, kádinka, lodička

Chemikálie: 80% roztok ethanolu, pentahydrát síranu měďnatého

K porovnání reakce vzorku s pentahydrátem síranu měďnatého jsem využila referentní řadu roztoků připravenou o přesně známých koncentracích ethanolu a o stejném objemu jako měl stanovovaný vzorek. Škála referentních roztoků byla připravena s následujícím složením.

<i>Koncentrace jednotlivých referentních roztoků</i>		
Obsah alkoholu v roztoku [%]	Objem alkoholu 80% [ml]	Objem vody [ml]
0	0,00	1,50
10	0,19	1,31
20	0,38	1,12
30	0,56	0,94
40	0,75	0,75
50	0,94	0,56
60	1,12	0,38
70	1,31	0,19
80	1,50	0,00

Roztoky jsem připravila následujícím způsobem. Pomocí injekční stříkačky jsem odměřila potřebné objemy a ty následně rychle vpravila do vialky v co nejkratším čase. Vialku jsem ihned uzavřela, abych co nejvíce zamezila odparu ethanolu a roztok jsem promíchala. Velikost injekční stříkačky jsem volila dle odměřovaného objemu tak, aby docházelo k co nejmenším chybám při měření.

Pro odměření objemu nad 1 ml byly využity dvě stříkačky, jedna o objemu 1 ml a druhá o objemu 0,5 ml. Tento postup jsem zvolila kvůli přesnější stupnici na odměření malých objemů u varianty o objemu 0,5 ml. Varianta injekční stříkačky o objemu 1 ml má stupnici dělenou po 0,2 ml, tedy nedá se na ní přesně odměřit 0,31 ml. Pro co největší zachování přesnosti při takto malých objemech jsem tedy objem ethanolu naměřila na dvakrát. Z hlediska dostupnosti odměrného nádobí to byla nejlepší varianta. Do takto připravených roztoků jsem následně přidala 0,48 g pentahydrátu síranu měďnatého. Množství pentahydrátu síranu měďnatého bylo zvoleno na základě jeho rozpustnosti následujícím způsobem.

Výpočty:

Rozpustnost (20°C) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 317 \text{ g/l}$

Z toho odvozujeme že rozpustnost $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ při 20 °C je 0,317 g/ml

Objem každého našeho referentního roztoku je 1,5 ml

Tedy k vytvoření nasyceného roztoku potřebujeme navážku dle následujícího výpočtu:

1 ml.....0,317g

1,5 ml..... x g

$x = 0,4755 \text{ g}$

S ohledem na používané váhy, můžeme garantovat přesnost pouze na dvě desetinná místa.

Po zaokrouhlení $x = 0,48 \text{ g}$

Takto připravené roztoky nám vytvořily řadu, na které se dala pozorovat změna v rozpouštění pentahydrátu síranu měďnatého, který je v ethanolu nerozpustný.

Stejně množství pentahydrátu síranu měďnatého jsme tedy přidali i k našim vydestilovaným vzorkům a porovnávali je s připravenými roztoky. Porovnáváním jsem byla schopna určit, že ve všech třech vzorcích je obsah alkoholu větší než 50 % bohužel při překročení hranice 50 % již není možné přesně určit, zda je obsah alkoholu 60, 70 či 80 %. Pozorováním již není možno rozdíl v rozpouštění zaznamenat.

K následujícím dvěma stanovením jsem si musela připravit vzorek sladiny, to jsem provedla rmutováním sladového roztoku.

RMUTOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ ŠKOLNÍ LABORATOŘE

Pro přípravu sladiny v prostředí školní laboratoře jsem upravila postup přípravy sladiny pro stanovení jejího extraktu. Úpravy byly nutné z hlediska zachování proveditelnosti stanovení v prostředí laboratoře a zároveň k co největšímu přiblížení se pivovarské praxi. Dle původního

návodu mělo být 50 gramů sladové moučky, vystíráno do 200 ml destilované vody při teplotě 45°C. Následovat měla 30minutová prodleva. Po této prodlevě se pak teplota měla zvedat rychlostí 1 °C/minutu, až na 70 °C. Na této teplotě se měla sladina udržovat přesně 1 hodinu za stálého míchání. K celému postupu měla sloužit rmutovací lázeň opatřená termostatem a míchadlem. ⁴ V běžné laboratoři se ovšem rmutovací lázeň nevyskytuje. Postup jsem tedy upravila k našim podmínkám následujícím způsobem. Rmutování jsem prováděla ve vodní lázni s nastavitelnou teplotou. Do lázně jsem coby rmutovací kád' umístila ocelový rendlík, který dobře a rovnoměrně distribuuje teplo. Jako kontrolní sondu teploty, jsem do stojanu umístila teploměr s rozsahem 0 – 150 °C, tak aby se špička teploměru nedotýkala dna rendlíku a nedocházelo ke zkreslení teploty. Automatické míchadlo jsem pak nahradila skleněnou tyčinkou na manuální pohon. Než jsem ovšem začala se samotným rmutováním, bylo třeba si nejprve připravit sladový šrot. Pomocí třecí misky s tloučkem jsem rozšrotovala 50 g světlého sladu. Ideální je třít slad, dokud pluchy nepopraskají a částečně se nevydrolí endosperm, rozetření až na jemný prášek není žádoucí. Jak už bylo uvedeno v kapitole o scezování, příliš jemná sladová moučka při scezování zalepuje jalové dno a brání tak dobrému scezení sladiny. Vystírku jsem provedla standardně při 37 °C. Tedy do rmutovací kádě jsem nalila 200 ml vody a po dosažení 37 °C jsem v ní řádně rozmíchala připravený šrot. Po rozmíchání sladového šrotu jsem teplotu zvedla na 45 °C a při této teplotě zařadila 30minutovou prodlevu. Již v tomto stádiu je pozorovatelná typická vůně rmutu. Po uběhnutí 30minutové prodlevy jsem začala zvyšovat teplotu, tak aby během 25 minut vystoupala na cukrotvornou teplotu 70 °C. Na této teplotě jsem následně dílo udržovala hodinu a následně jsem sladinu nechala během 20 minut volně zchladnout. Během chladnutí sladiny jsem si připravila stojan s filtrační aparaturou a sladinu jsem filtrovala na skládaném filtru. Z filtrátu jsem odpipetovala 10 ml sladiny a převedla ji do odměrné baňky o obsahu 200 ml, baňku jsem následně doplnila vodou po rysku. Takto připravený vzorek byl dále stanovován. Jestliže se porovnáme provedené rmutování z hlediska jeho průběhu, jedná se o metodu nejbližší infuznímu rmutování.

ZCUKŘOVACÍ ZKOUŠKA

Zcukřovací zkoušku jsem prováděla pomocí Lugolova roztoku, to je roztok 5 g jodu a 10 g jodidu draselného smíšených s 85 ml destilované vody. Provedení samotné zkoušky je jednoduché, roztok jsem kápala na stanovovaný vzorek. Zkoušku jsem prováděla s celozrnným pečivem, Glukopurem a roztokem sladu před, po a během rmutování. Zkoušky probíhaly následujícím způsobem.

ZCUKŘOVACÍ ZKOUŠKA CELOZRNNÉHO PEČIVA

Na kousek celozrnného pečiva jsem kápala tři kapky Lugolova roztoku. Po kontaktu roztoku s pečivem se objevilo temně modré až černé zbarvení indikující přítomnost polysacharidů.

ZCUKŘOVACÍ ZKOUŠKA GLUKOPURU

Glukopur je v lékárně běžně dostupná čistá forma glukosy, malé množství prášku jsem tedy odsypala na keramický talířek a zakápla Lugolovým roztokem. Po kontaktu roztoku s Glukopurem se objevilo výrazně žluté zbarvení indikující přítomnost redukujícího cukru. V tomto případě tedy glukosy.

ZCUKŘOVACÍ ZKOUŠKA SLADOVÉHO ROZTOKU

Pro provedení této zcukřovací zkoušky jsme sladový roztok připravili dle postupu uvedeného v kapitole Rmutování v prostředí školní laboratoře. První vzorek k provedení zkoušky jsem kapátkem odebrala hned po vystření při 35 °C, vlivem míchání teplota klesla. Vzorek jsem nakapala na bílý talířek a přidala Lugolův roztok, výsledkem bylo temně modré až černé zbarvení indikující přítomnost škrobu. Takto jsem zcukřovací zkoušku prováděla během celého procesu rmutování každých deset minut.

<i>Průběh zcukření během rmutování sladového roztoku</i>	
Čas a teplota	Barva
Ihned po vystření, 35 °C	Modrá
10 minut, 37 °C	modrá
20 minut, 45 °C	modrá
30 minut, 45 °C	modrá
40 minut, 45 °C	modrá
50 minut, 45 °C	modrá
60 minut, 50 °C	modro-fialová
70 minut, 55 °C	modro-fialová
80 minut, 70 °C	modro-fialová, v začátku žlutá stopa
90 minut, 70 °C	modrá, se žlutými tóny
100 minut, 70 °C	ubývající modrá, výraznější žluté tóny
110 minut, 70 °C	žlutá, s výraznějšími modrými tóny
120 minut, 70 °C	výrazná žlutá s tóny modré
130 minut, 70 °C	jasně žlutá

Pokud se podíváme na tabulku můžeme vidět průběh zcukření. Zcukřovací zkouška vycházela až do dosažení nižších cukrotvorných teplot (60-65 °C), kdy je aktivní β -amylasa, stále modrá. Po dosažení těchto teplot začal proces zcukření, přítomné vzniklé štěpy lehce zkreslovali průběh zcukřovací zkoušky. Místo čistě modrého zbarvení se začala objevovat červeno fialová barva, která následně přešla zpět na modrou, případně se objevovala modro-fialová kombinace. Po dosažení vyšší cukrotvorné teploty (70-73 °C), kdy je nejvíce aktivní α -amylasa se mi začínali objevovat žluté tóny indikující výskyt redukujících cukrů. Při provádění tohoto pokusu můžeme tedy nejen pozorovat

rozdíl reakce Lugovola roztoku s polysacharidy a redukujícími cukry a jejich výskyt v různých potravinách, ale i samotnou činnost jednotlivých enzymů v průběhu rmutování. Díky poslední zkoušce a jejímu žlutému zbarvení máme i důkaz úspěšného rozštěpení škrobu na redukující cukry během rmutování. Stejným způsobem se zcukření ověřuje i v pivovarské praxi.

Na následující stanovení jsem navázala stanovením pH před a po chmelovaru, k tomu jsem využila vzniklou sladinu.

STANOVENÍ PH PŘED A PO CHMELOVARU

K tomuto stanovení jsem využila vyrobenou zfiltrovanou sladinu. Vzorek sladiny o objemu 50 ml jsem přelila do kádinky a změřila pH. Následně jsem sladinu přelila zpět do rendlíku, který nyní sloužil jako varná kád' a přivedla ji k varu. Přidala jsem předem spočítanou navážku chmelových granulí a začala s chmelovarem. Množství chmele jsem přepočítala z veřejně dostupného receptu na vaření piva v domácích podmínkách. Zařazovat do stanovení pivovarský výpočet chmelení by pro naše účely bylo zbytečné.

Výpočet navážky chmele:

Dle receptu pro domácí vaření piva bylo třeba na 50 litrů piva 175 gramů chmele.

50 litrů → 50 000 ml na 50 000 ml je tedy třeba 175 g chmele → 1 ml je třeba 0,0035 g chmele

objem vzorku mladiny byl 50 ml

$0,0035 * 50 = 0,175 \text{ g}$ chmele

Chmelovar jsem prováděla zhruba 40 minut. V pivovarské praxi chmelovar musí k úspěšnému dosažení všech cílů probíhat minimálně 90 minut. Ovšem nás na tomto stanovení zajímá pouze pokles pH. Není tedy třeba dodržet celých 90 minut chmelovaru, z hlediska provedení ve školní laboratoři by to bylo nepraktické a k pozorování změny pH stačí i námi zkrácený čas. Po uplynutí 40 minut jsem vzniklou mladinu ochladila na laboratorní metodu a znovu změřila pH pomocí digitálního pH metru. Změna byla následující.

<i>Měření pH před a po chmelovaru</i>	
Měření	Hodnota pH
Před chmelovarem	5,32
Po chmelovaru	5,09

Pokles pH se zásadně podepisuje na zneškodnění všech mikroorganismů během chmelovaru. V průběhu chmelovaru by měla hodnota klesnout o 0,15 – 0,25 a to zejména tvorbou melanoidinů. Na procesu změny pH se také do jisté míry podílí vápenaté a hořečnaté soli vyslazovací vody reakcí s hydrogenfosforečnany obsaženými ve sladu. Jak je tedy vidět i v závěrečných fázích pivovarského procesu se stále vracíme k vlastnostem vody používané již od samého začátku. Poslední složkou, která ovlivňuje pH jsou hořké kyseliny. Všechny tyto faktory se tedy podílejí na snížení pH mladiny a to následně pozitivně ovlivňuje koagulaci bílkovin a vznik tzv. lomu mladiny. U mého vzorku pH pokleslo o 0,23 což je tedy ještě v mezi pozitivní změny. Chmelovar jsem prováděla pouze 40 minut jen pro názornou ukázkou, ale vzhledem k jeho obecnému průběhu by se dalo předpokládat, že by dál již pH významně neklesalo. Ovšem naše pH je oproti pivovarské praxi nižší, než by mělo být. To je způsobeno faktem, že jsme pH metr nekalibrovali, jelikož jsme pouze pozorovali změnu pH. Stanovení by se dalo provést i s kalibrací pH-metru, ale pro naše potřeby by se tím zbytečně zkomplikovalo o přípravu tlumičů a samotnou kalibraci.

STANOVENÍ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ DLE SCHOORLA

Pro následující stanovení jsme si vzorek sladiny připravili stejně jako v kapitole Rmutování ve školní laboratoři. Nelze stanovovat vzorek bez předchozího rmutování, neboť by obsahoval jen stopové množství redukujících cukrů. Co by redukující cukr stanovujeme maltosu.

Ze vzorku sladiny, jsem tedy odpipetovala 10 ml vzorku do titrační baňky, ke vzorku jsem vhodila varný kamínek. Následně jsem přidala po 10 ml roztoku Fehlingu I a Fehlingu II, pomocí pipety. Takto připravený roztok jsem přivedla k varu a nechala vařit dvě minuty. Před začátkem ohřívání jsem do hrdla titrační baňky vložila coby zátku mikronálevku. Po uplynutí dvou minut varu jsem baňku schladila pod studenou tekoucí vodou na laboratorní teplotu. Mikro nálevku jsem vyňala z hrdla titrační baňky a spláchla malým množstvím destilované vody. Následně jsem do baňky přidala roztok KI, vzniklý rozpuštěním 3 gramů KI v přibližně 10 ml destilované vody. Dále jsem přidala odpipetovaných 10 ml H_2SO_4 (1:4) a obsah baňky jsem titrovala roztokem $Na_2S_2O_3$ do žlutavého zbarvení. Po prvních žlutějších tónech jsem přidala 5 ml škrobového mazu. Objevilo se temně modré zbarvení. Roztok jsem titrovala do odbarvení škrobového mazu, tedy do bílého zbarvení. Po úplném a nevratném vymizení modrého zbarvení jsem odečetla spotřebu titračního činidla a provedla výpočet.⁹ Po provedení výpočtu musí být v rámci stanovení proveden takzvaný slepý pokus, ten probíhá stejně jako samotné stanovení, ovšem místo pipetování 10 ml vzorku sladiny se pipetuje 10 ml destilované vody. Spotřeby jednotlivých titrací byly následující.

<i>Tabulka spotřeb jednotlivých titrací</i>	
Titrace	Spotřeba [ml]
1	16,0
2	15,9
3	15,9
4	16,0
5	16,1
Průměrná spotřeba: 15,98 ml	
Spotřeba při slepém pokusu: 26,8 ml	

Výpočet obsahu maltosy:

Pro přepočítání spotřeby thiosíranu na obsah maltosy ve vzorku byly využity tabulky spotřeb $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ o $c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ pro Schoorlovu metodu.

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

$$26,8 - 15,98 = 10,82 \text{ ml}$$

Dle tabulek:

$$1 \text{ ml spotřeby} \rightarrow 3,9 \text{ mg maltosy}$$

$$10 \text{ ml spotřeby} \rightarrow 39,5 \text{ mg maltosy}$$

$$11 \text{ ml spotřeby} \rightarrow 43,5 \text{ mg maltosy}$$

Interpolační výpočet:

Vzhledem k tomu, že tabulka je dimenzována pouze na jedno desetinné místo, musela jsem zbylé desetiny mililitrů spotřeby dopočítat. Nelze totiž ony desetiny zanedbat či zaokrouhlit, docházelo by tím ke zkreslení výsledků.

$$1 \text{ ml} \dots\dots\dots 3,9 \text{ mg}$$

$$0,82 \text{ ml} \dots\dots\dots x \quad \rightarrow \quad x = \frac{0,82 \cdot 3,9}{1} = 3,198 \text{ mg}$$

Získanou hodnotu jsem přičetla k hodnotě odpovídající 10 ml spotřeby a tím jsem získala obsah maltosy v 10 ml vzorku sladiny se zřed'ovacím faktorem 10/200, tedy v 0,05 ml původní sladiny.

Celkový obsah maltosy:

$$10,82 \text{ ml sp} \text{ odpovídá } 39,5 + 3,198 = 42,698 \text{ mg maltosy v 10 ml vzorku}$$

42,698 mg maltosy v 0,05 ml sladiny → 0,042698 g maltosy/0,05 ml sladiny →

0,085396 g maltosy/ 1 ml sladiny → 85,396 g maltosy/ 1 litr sladiny.

Obsah maltosy v litru sladiny je 85,396 gramů.

Tato metoda je poměrně citlivá, je nutné tedy dodržovat přesně daný postup. Barevné přechody jsou ovšem dobře patrné i pro necvičené oko. Metoda není nijak zvlášť náročná na chemikálie či vybavení a s dobrou přípravou lze stanovení provést během 30 minut.

DIDAKTICKÁ ČÁST

Výuka chemie je v dnešní době vystavěna na teoretickém učivu, názvosloví, rovnicích a chemických výpočtech. To je všechno naprosto nezbytné pro ovládnutí chemie jako vědního oboru. Ovšem drilem v podobě názvosloví, rovnic a teorie, která je pro žáky velice abstraktní v nich můžeme naprosto neúmyslně zabíjet i vášeň pro vědu. Je obecným faktem, že zájem o přírodní vědy v posledních letech klesá. Pokud se ale zamyslíme nad dětmi nebo klidně i naším dětstvím, každé dítě chce být šiléný vědec a mít záhadnou laboratoř. Praktickým cvičením tedy můžeme nechat děti bádát a vzbudit v nich zvědavost a zájem o přírodní vědy.

Pivovarství jako téma ve výuce nabízí mnoho výhod. První výhodou je, že pivo zná každý. V naší zemi má bohatou historii a je s námi Čechy tak nějak obecně spjato. V mnoha regionech má dlouhou tradici dodnes, takže jeho začlenění do výuky přináší i vědění o vlastním regionu. Pivovarství nemusí být ovšem spojováno pouze s poznáváním vlastního regionu, ale i s jinými obory. Lze jej spojovat například i s biologií nebo fyzikou. Nabízí tedy i bohaté mezioborové vazby, které poukazují na propojenost všech vědních oborů. Tu žáci leckdy vůbec nevnímají.

Suroviny k výrobě piva, o které jsou následující stanovení opřena se také dají regionálně pojmout. U analýzy vody je to zřejmé. O slad a chmel se dá požádat místní pivovar nebo minipivovar, kterých je v dnešní době všude spousta. Zpravidla jejich majitelé nemívají problém s darováním malého množství chmele i sladu.

Další výhodou je názornost jednotlivých metod. Jedná se o metody, které si žáci mohou vyzkoušet. Nejsou zde využívány žádné extrémně nebezpečné látky a s trochou improvizace nejsou metody ani nijak zvlášť náročné na technické vybavení. Záměrně jsem tyto demonstrační metody připravovala tak, aby se daly aplikovat i na půdě méně vybavené základní školy.

A proč je vlastně potřeba podporovat praktikou výuku chemie již na základní škole? Vezmeme-li v potaz, že se někteří žáci chtějí hlásit na přírodovědné obory, měli by opouštět základní školu a ovládat základní laboratorní techniky. Ve skutečnosti se ovšem někteří žáci k laboratorní praxi dostanou až v mnohem vyšších stupních vzdělávání. Není tedy potom v jejich silách naučit se vše

na takové úrovni, aby studium opouštěli jako plnohodnotní laboranti, například. Velkou část praktických dovedností jsou pak nuceni dostudovávat až v zaměstnání, neboť s některými metodami vůbec nestihli přijít do styku.

NÁVODY PRO UČITELE ZÁKLADNÍCH ŠKOL

STANOVENÍ ORIENTAČNÍ TVRDOSTI VODY POMOCÍ MÝDLOVÉHO ROZTOKU

Toto stanovení otevírá nepřeberné možnosti pro propojování výuky s reálným světem. Ideální je vybrat vzorky, které mohou žáci znát. V případě, že se v regionu stáčí nějaká konkrétní minerální voda je ideální ji s dětmi otestovat. Žáci si dále mohou přinést vodu z domova k vlastnímu stanovení. Dalším příkladem pro provedení stanovení je jednoduchý příklad vodního kamene doma v rychlovarné konvici. A právě tvrdost vody nejen ovlivňuje naše domácnosti. V návaznosti na pivovarství je voda základní surovina pro výrobu piva a její tvrdost a obsah různých minerálů zásadně ovlivňuje jeho sensorické vlastnosti a průběh celého vaření. To si žáci můžou jednoduše ověřit, pokud doma ochutnají nějakou silně minerální vodu. Výhodou je opět pokud se v regionu nachází nějaká kyselka, železitý pramen. V krajním případě lze v lékárně jednoduše koupit Vincentku.

Zařazení do RVP:

CH-9-2-02 vypočítá složení roztoků, připraví prakticky roztok daného složení

CH-9-2-04 navrhne postupy a prakticky provede oddělování složek směsí o známém složení; uvede příklady oddělování složek v praxi

CH-9-2-05 rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich výskytu a použití

Zařazení tohoto cvičení do výuky lze provést lehce, žáci mohou spočítat kolik gramů mýdla budou potřebovat na konkrétní roztok mýdla rozpuštěného v ethanolu. Výpočet sice není potřeba, ale v rámci opakování není problém jej zařadit. Při praktickém provádění pokusu následně žáci provedou filtraci, čímž v praxi oddělují jednotlivé složky směsi. A nakonec celé toto cvičení je o vodě a míře její mineralizace. Z pivovarské praxe pak můžeme na konkrétních příkladech vysvětlovat co je voda užitková, pitná a odpadní.

Pomůcky: čiré, průhledné, skleněné lahve s uzávěrem, kapátko, struhadlo, kádinky, stojan, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír.

Chemikálie: denaturovaný ethanol, mýdlo

Dle časových možností lze stanovení různě upravovat, v nejkrajnějším případě nedostatku času je možné pouze nakapat do vzorků stejný objem mýdlové roztoku a poukázat na množství vzniklé pěny.

Postup práce: Na struhadle nejemno nastrouhejte přibližně 25 gramů mýdla, ideálně jádrové mýdlo Jelen. Vzniklou drť přesypte do kádinky a zalijte asi 75 ml ethanolu. Obsah kádinky řádně promíchejte. Vzniklou směs následně zfiltrujte. Takto připravený mýdlový roztok bude použit k vlastnímu stanovení. Do průhledné láhve s uzávěrem nalijte vzorek zkoušené vody, pro porovnání jednotlivých stanovení je třeba dodržovat stále stejný objem vzorku. Pomocí kapátka pak k vzorku vody přikapávejte mýdlový roztok, dokud se po protřepání vzorku neobjeví trvalá pěna. Vzorek je třeba protřepat před každým přidáním mýdlového roztoku. Jako vzorky je vhodné volit vody s různým stupněm mineralizace. Sada vzorků pak může vypadat následovně: destilovaná voda, voda z vodovodu, Magnesia, co by voda s vysokým obsahem hořčíku a Vincentka. Spotřeby mýdlového roztoku u jednotlivých vzorků zapište do tabulky a následně porovnejte.

Bezpečnost práce: Na stole nesmí být žádný zdroj otevřeného ohně s ohledem na hořlavost lihu.

Tipy pro učitele: Mýdlo Jelen se dá snadno koupit v každé menší drogerii, ale i v supermarketech. K rozpuštění lze použít běžně dostupný technický líh. Je dobré žáky předem upozornit, že pokud mají láhve se zábrusovým uzávěrem je třeba uzávěr pevně držet, aby následně uzávěry nelétaly po třídě. Vzorky vody musí být neperlivé, pokud chtějí žáci zkoušet nějakou perlivou minerální vodu je nutné ji před stanovením řádně promíchat a tím odstranit oxid uhličitý, nebo ji den předem nechat otevřenou odstát. Při závěrečném vyhodnocování je dobré poukázat na jednotlivá složení vzorků. U kupovaných vod je najdeme na etiketě a tvrdost vody z vodovodu můžeme najít na stránkách příslušného vodohospodářství.

Příklady kontrolních otázek:

Vypočítejte kolik gramů směsi bude tvořit mýdlo, jestliže bude roztok o hmotnosti 150 gramů obsahovat 25 % mýdla. Jakou hmotnost bude mít ethanol, který tvoří zbylých 75 %? Kolik je to mililitrů? Hustota ethanolu je 0,789 g/cm³.

150 gramů.....100%

x gramů.....25%

x= 37,5 gramu

150 – 37,5 = **112,5 g ethanolu**

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{112,5}{0,789} = \mathbf{142,59 \text{ ml ethanolu}}$$

Nakresli filtrační aparaturu a popiš ji:

Uveď, které dva kationty nejvíce ovlivňují tvrdost vody:

OVĚŘENÍ PŘÍTOMNOSTI ŽELEZNATÝCH IONTŮ

Pokud se v regionu vyskytuje železnatý pramen, je vhodné použít vodu právě z něj. V pivovarské praxi se voda zbavuje železnatých iontů, kvůli typické chuti, kterou sebou přinášejí. To se provádí rozstřikováním vody na inertní materiál, tím se voda dostatečně provzdušní a zoxidované železnaté ionty vypadávají ve formě oxidu a hydroxidu železitého. Usazují se na materiálu a vytváří typický rezavý povrch.



Obrázek 5 Odželezňování vody ve školní laboratoři



Obrázek 4 odželezňování vody v technologické praxi na pískových filtrech Zdroj: Autor: Che(Please credit as "Petr Novák, Wikipedia" in case you use this outside WMF projects.) – Che, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9098369>

Zařazení do RVP:

CH-9-2-05 rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich výskytu a použití

Pomůcky: Filtrační nálevka, filtrační kruh, filtrační papír, stojan, křížové svorky, kádinky, skleněná tyčinka.

Postup práce: Vzorek železnatého pramene prolíváte přes tyčinku na filtrační papír. Během filtrace dochází k usazování částic hydroxidu a oxidu železitého. Na papíře se usazuje rez.

Tipy pro učitele: Jestliže se vyskytujete v oblasti s hojným výskytem pramenů lze jich vyzkoušet víc a porovnat následně obsah železnatých iontů.

Příklady kontrolních otázek:

Proč při vyvěráání železnatých pramenů dochází k jejich oxidaci?

Které látky způsobují, rezavé povrchy kolem ústí těchto pramenů?

Jaký má vliv použití vody s vysokým obsahem železnatých iontů na vaření piva?

DESTILACE VZORKU PIVA

Díky destilaci piva si žáci mohou propojit důležitost bodů varu s reálným využitím. Ověří, že ethanol se v pivě opravdu vyskytuje a zároveň si vyzkouší jednu s dalších praktických metod na oddělování složek směsi. Pivo je opět možné volit regionálně, například z místního minipivovaru či nějakou známou regionální značku. Pokud je na to čas doporučuji s žáky udělat i destilaci nealkoholického piva, aby si ověřili, že pokud tam ethanol není, opravdu nic za dané teploty nevydestilují.

Zařazení do RVP:

CH-9-2-04 navrhne postupy a prakticky provede oddělování složek směsí o známém složení; uvede příklady oddělování složek v praxi

CH-9-6-03 rozliší vybrané deriváty uhlovodíků, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití

Pomůcky: Liebigův chladič, hadičky, alonž, destilační baňka, teploměr, topné hnízdo, kádinky, odměrný válec, skleněná tyčinka.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého

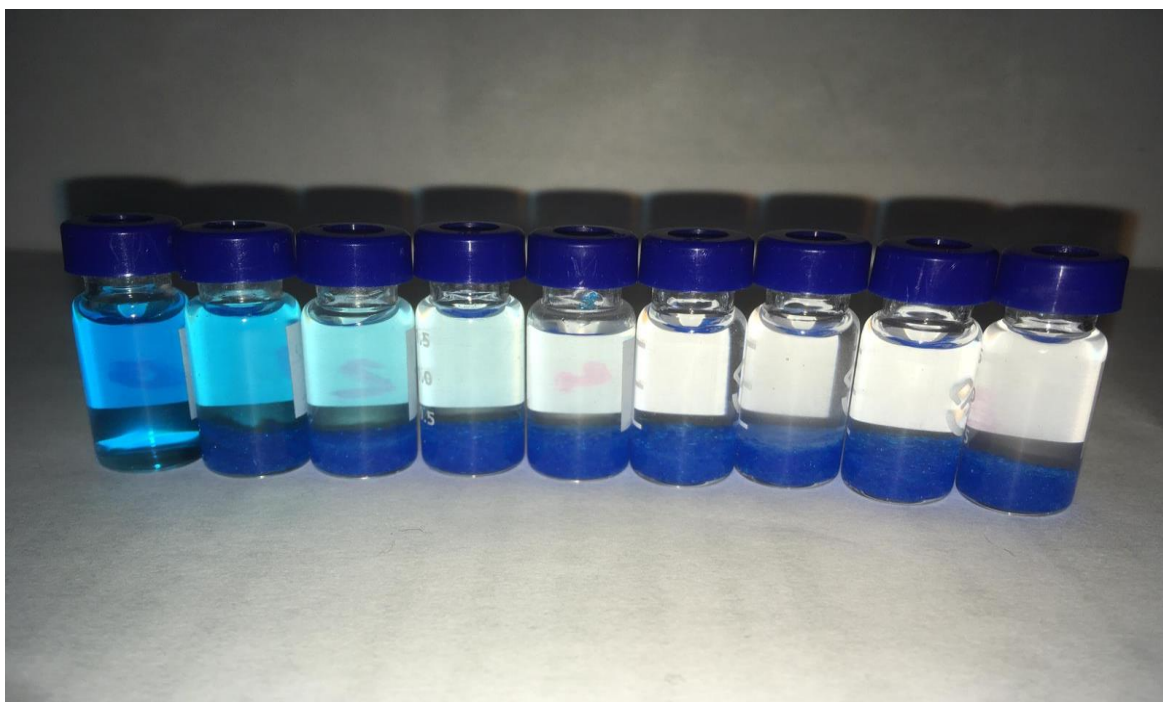
Postup práce: Vzorek piva přelijte do kádinky, a pokud ho budete dávat žákům ke zpracování, znehodnoťte ho pentahydrátem síranu měďnatého. Ideálně takovým množstvím, aby vzorek chytl zelenou barvu. Poté vzorek přelévejte z výšky z kádinky do kádinky, čímž se vyloučí velké množství pěny. Vzorek je možné také z pěny vymíchávat či obě metody kombinovat dle potřeby. Jakmile se přestane tvořit hustá pevná pěna tvořena malými bublinkami a začne se tvořit pěna řídká tvořena většími bublinkami, vytvořenou pěnu slejte ze vzorku, a ještě několikrát jej přelijte z kádinky do kádinky. Pěnu opět slijte a z takto odpěněného vzorku piva pomocí odměrného válce odměřte 150 ml. Těchto 150 ml přelijte do destilační baňky a přihoďte varný kamínek. Je důležité před destilací pivo řádně odpěnit, v opačném případě se během destilace vytvoří pěna, která vyvzlíná až do chladiče a znehodnotí stanovení. Destilační baňku se vzorkem uzavřete chladičem s puštěnou chladicí vodou a zapněte topné hnízdo. Pokud není k dispozici topné hnízdo lze použít i elektrický varič či kahan. V případě použití kahanu je třeba správně upravit výšku tak aby docházelo k rovnoměrnému ohřívání celého obsahu a k distribuci tepla použít síťku. Vzorek zahřívajte

až do teploty 80 °C a na této teplotě udržujte zhruba deset minut. Pokud teplota skokově vzroste, destilaci ukončete vypnutím zdroje tepla. Kádinku, do které jste jímali destilát, dejte stranou, aby zde nedokapával dokap, který by destilát zředil. Výtěžnost destilace dle druhu piva je zhruba 4 – 6 mililitrů.

Takto získaný destilát je možné zhruba stanovit pomocí škály referentních roztoků ethanolu a pentahydrátu síranu měďnatého.

Pomůcky: vialky, injekční inzulínová stříkačka o objem 0,5 a 1 ml, lodička, váhy.

Do devíti vialek si připravte škálu roztoků ethanolu s vodou o koncentraci 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 a 80 % ethanolu. Objem referentních roztoků musí být stejný jako objem vzorků, aby mohlo dojít k účelnému porovnávání. Tedy pokud má stanovovaný destilát 4 ml, je ideální udělat do vialky, která má objem 2 ml, referentní roztok o objemu 1,5 ml. A následně ve vialce porovnávat i stejný objem vzorku. Hned po přidání ethanolu do vialky je nutné ji vždy pevně uzavřít víčkem, aby nedocházelo k odparu. K takto připraveným roztokům přidáme 0,48 gramu pentahydrátu síranu měďnatého. Ten je v ethanolu nerozpustný, jeho rozpustnost tedy klesá se vzrůstajícími procenty ethanolu v roztoku. Díky tomu můžeme porovnávat vzorek s připravenou škálou. Z destilátu tedy odebereme vzorek 1,5 ml a vpravíme ho do suché čisté vialky, přisypeme k němu 0,48 g pentahydrátu modré skalice a porovnáme s referentní škálou roztoků. Škála má vypovídající hodnotu do koncentrace 50 % ethanolu, poté je již nemožné pozorováním rozeznat rozdíl.



Obrázek 6 Porovnávací škála složená z referentních roztoků

Bezpečnost práce: v případě užití topného hnízda je důležité, aby se tkanina uvnitř nenamočila, a žáci na ní nesahali. Během destilace je třeba dohled pedagoga, destilace by tedy ve skupinkách měla probíhat postupně nebo pouze jako demonstrační pokus. Při manipulaci s horkými částmi destilační aparatury je třeba používat dbát opatrnosti a používat vhodné ochranné pomůcky, na uchopení stačí suchý bavlněný hadr. Je třeba žáky upozornit, že pentahydrát síranu měďnatého vyvolává ve vyšších koncentracích zvracení, je nutné si tedy řádně umývat ruce a dodržovat zásady bezpečnosti práce. Při manipulaci s ohněm nesmí být v jeho blízkosti žádné hořlaviny.

Tipy pro učitele: Je ideální třídu rozdělit do několika skupinek, každá skupinka může destilovat jiný vzorek a výsledky si poté vzájemně porovnat. Tím se během cvičení rozvíjí nejen kompetence k řešení problémů, ale i kompetence komunikativní. Každá skupinka si může škálu referentních roztoků připravit sama podle připraveného návodu se složením jednotlivých roztoků. Pokud by si to žáci sami počítali, bylo by to velice časově náročné. Skupinky pak mohou postupně přikročit k destilaci. Je dobré se s nimi domluvit, aby, až budou připraveni, dali signál. Postupně pak učitel provede destilaci se všemi skupinkami, ostatní skupinky si zatím připravují škálu roztoků. Vialky se snadno dají objednat přes internet.

Příklady kontrolních otázek:

Nakreslete destilační aparaturu:

K čemu se běžně využívá pentahydrát síranu měďnatého?

Vypočtete kolik ml ethanolu dostanete destilací 150 ml vzorku s obsahem 5,2 % ethanolu. Uvažujte výtěžnost destilace 80 %.

150 ml.....100%

x ml.....5,2%

x= 7,8 ml ethanolu při 100% výtěžnosti

7,8 ml.....100%

x ml.....80%

x= 6,24 ml ethanolu při výtěžnosti 80 %

ZCUKŘOVACÍ ZKOUŠKA

Toto cvičení je dobře využitelné i k propojení biologie s chemií, díky enzymatickému štěpení dochází k rozkladu škrobu na jednoduché cukry. Pokud je tedy třeba zrovna probírána trávicí soustava, lze na to snadno poukázat. Pokud je k dispozici více vzorků sladu, každá skupinka může zcukřovací zkoušku provádět s jiným a v závěru si mohou porovnat barvu a vůni vzniklých sladin. Před začátkem stanovení doporučuji nechat žáky provést zkoušku na kousku chleba či housky, výsledkem je modré zbarvení dokazující přítomnost polysacharidů a potom na Glukopur. To je prášková glukosa dostupná ve všech lékárnách, výsledkem bude zářivě žluté zbarvení, dokazující jednoduché cukry. Díky tímto stanovením budou žáci pak vědět, jak má konečný výsledek zkoušky vypadat.



Obrázek 9 Provedená zcukřovací zkouška na Glukopuru



Obrázek 8 Provedená zcukřovací zkouška na celozrné housce



Obrázek 7 Provedená zcukřovací zkouška na vzorku sladiny před zcukřením

Zařazení do RVP:

CH-9-6-04 orientuje se ve výchozích látkách a produktech fotosyntézy a koncových produktech biochemického zpracování, především bílkovinách, tucích, sacharidech

CH-9-6-06 uvede příklady zdrojů bílkovin, tuků, sacharidů a vitaminů

Pomůcky: kapátko, porcelánový bílý talířek nebo miska, automatická vodní lázeň, třecí miska s tloučkem, skleněná tyčinka, stojan, křížové svorky, držák, teploměr, kruh, filtrační nálevka, filtrační papír, rendlík, váhy kádinka, odměrný válec.

Chemikálie: Lugolův roztok (5 g jodu, 10 g jodidu draselného, 85 ml vody)

Postup práce: Vezměte kousek pečiva a kapátkem na něj naneste Lugolův roztok. Poté na bílý talířek nasypete malé množství Glukopuru a opět jej zakápněte Lugolovým roztokem. Před samotnou výrobou sladiny je třeba nejprve rozšrotovat slad. 50 gramů vzorku sladu, postupně rozetřete ve třecí misce. Poté slad rozmíchejte ve 200 ml vody při teplotě 37 °C. Po řádném rozmíchání sladu začněte na vodní lázni ohřívat na 45 °C, na této teplotě udržujte roztok 30 minut. Poté začněte zvolna zahřívat tak, aby během 25 minut teplota stoupla na 70 °C. Na této teplotě rmutujte dalších 60 minut. Je třeba

roztok pravidelně míchat. Během procesu rmutování každých deset minut pomocí kapátka odeberte vzorek sladiny, kápněte jej na bílý talířek a přidejte Lugolův roztok. Pozorujte barevnou změnu.



Obrázek 10 Rmutování ve školní laboratoři za využití vodní lázně

Bezpečnost práce: při manipulaci s horkými předměty je třeba používat ochranné pomůcky, suchý hadr atp.

Tipy pro učitele: Pokud není k dispozici automatická vodní lázeň s regulovatelnou teplotou, lze stanovení provádět v normální vodní lázni a teplotu hlídat teploměrem. Pokud žáci neohlídají teplotu a příliš brzo inaktivují enzymy, vzorek jim nezucukří. V takovém případě je dobré upozornit, že negativní výsledek experimentu je také výsledek a vyvodit z něj patřičné ponaučení. Pokud není k dispozici Lugolův roztok, lze použít jodovou tinkturu dostupnou v lékárně.

Příklady kontrolních otázek:

Uveď příklad polysacharidu:

Pojmenuj látky, které jsou odpovědné za štěpení škrobu:

Jaký je rozdíl mezi polysacharidem a monosacharidem?

NÁVODY PRO UČITELE GYMNÁZIÍ

CHELATOMETRICKÉ STANOVENÍ VODY

Chelatometrie je běžně využívanou analytickou metodou, pro žáky nabízí poměrně jednoduché titrace s celkem dobře viditelnými barevnými přechody. Žáci si mohou stanovit vlastní vzorky vody donesené z domova. Při procvičování praktických dovedností si mohou zároveň připomenout jednoduché výpočty. Stanovení není nijak obzvlášť náročné na vybavení a používané indikátory nejsou oproti jiným indikátorům nijak zvlášť drahé.

Zařazení do RVP:

Chemie 5.3.2

Provádí chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů

Využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v anorganické chemii

Pomůcky: automatická byreta, kohoutková byreta 25 ml a 10 ml, stojan, křížové svorky, držák, kádinky, titrační baňky, pipeta 50 ml, 25 ml, 10 ml, 5ml, lžička.

Chemikálie: amoniakální pufr, hydroxid sodný 1 mol/dm³, Eriochromčern T, Murexid, Chelaton III.

STANOVENÍ CELKOVÉ TVRDOSTI VODY

Postup práce: Dle vybavenosti školy lze k titraci použít automatickou byretu, nebo klasickou kohoutkovou byretu o objemu 25 nebo 10 ml. Pokud budeme využívat 25 ml byretu, je vhodné pipetovat 50 ml vzorku. Pokud je k dispozici byreta o objemu 10 ml ať už automatická či kohoutková je vhodné pipetovat 25 ml vzorku. Tedy do titrační baňky odpipetujte požadované množství vzorku vody. Přidejte 2 ml amoniakálního pufru pro objem vzorku 25 ml nebo 4 ml amoniakálního pufru, pokud pipetujete 50 ml vzorku vody. Zásadní je udržovat pH kolem 10, z roztoku v titrační baňce by měl být zřetelně cítit amoniak. Na špičku lžičky přidejte indikátor Eriochromčern T. Roztok se zbarví bordově. Poté ihned titrujte roztokem o koncentraci 0,02 mol/dm³ Chelatonu III do první výrazné barevné změny. Bordová se změní na modrofialovou barvu.

Výpočet:

$$c_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} = \frac{c_{CHIII} * V_{SpCHIII} * 1000}{V_{vz}}$$

Kde:

c_{CHIII} je koncentrace odměrného roztoku Chelatonu III

$V_{SpCHIII}$ je spotřeba Chelatonu III v ml

V_{vz} je obsah pipetovaného vzorku v ml

1000 je přepočítávací faktor (přepočet mol/dm³ na mmol/dm³)

STANOVENÍ VÁPENATÝCH IONTŮ

Postup práce: Dle vybavenosti školy lze k titraci použít automatickou byretu, nebo klasickou kohoutkovou byretu o objemu 25 nebo 10 ml. Pokud budeme využívat 25 ml byretu je vhodné pipetovat 50 ml vzorku. Pokud je k dispozici byreta o objemu 10 ml ať už automatická či kohoutková

je vhodné pipetovat 25 ml vzorku. Tedy do titrační baňky odpipetujte požadované množství vzorku vody. Přidejte 4 ml NaOH o koncentraci 1 mol/dm³ pro objem vzorku 25 ml nebo 8 ml NaOH, pokud pipetujete 50 ml vzorku vody. Na špičku lžičky přidejte indikátor Murexid. Roztok se zbarví růžově. Poté ihned titrujte roztokem o koncentraci 0,02 mol/dm³ Chelatonu III do první výrazné barevné změny. Růžová se změní na fialovou barvu.

Výpočet:

Pro výpočet obsahu vápenatých iontů byl použit následující vzorec:

$$c_{Ca^{2+}} = \frac{c_{CHIII} * V_{SpCHIII} * 1000}{V_{vz}}$$

Kde:

c_{CHIII} je koncentrace odměrného roztoku Chelatonu III

$V_{SpCHIII}$ je spotřeba Chelatonu III v ml

V_{vz} je obsah pipetovaného vzorku v ml

1000 je přepočítávací faktor (přepočet mol/dm³ na mmol/dm³)

Bezpečnost práce: Při práci je třeba dodržovat zásady bezpečnosti práce v laboratoři, tj. nepít nejíst, zabránit kontaktu s očima a kůží.

Tipy pro učitele: Na příslušném vodohospodářství lze zjistit naměřené hodnoty tvrdosti vody, žáci si tak mohou porovnat výsledky. Murexid se před použitím roztírá s chloridem sodným, aby se zředil v poměru 1:100 a nebarvil příliš intenzivně. Je vhodné, aby si pod titrační baňku žáci vsunuli bílou podložku, aby se jim lépe rozeznával bod ekvivalence. Pokud jsou k dispozici automatické byrety je důležité žáky upozornit, aby je plnili zvolna a nepřetlakovali je. V opačném případě hrozí nehoda v podobě vystříknutí roztoku Chelatonu III.

Příklady kontrolních otázek:

Jak fungují metalochromní indikátory?

Nakresli titrační aparaturu:

V jakých jednotkách se vyjadřuje tvrdost vody?

DESTILACE VZORKU PIVA

Tato destilace se ničím neliší od destilace prováděné pro základní školy. Pracovní postup viz kapitola destilace vzorku piva v úseku Návodů pro učitele základních škol. Liší se až zpracování získaného vzorku.

Zařazení do RVP:

Chemie 5.3.2

Provádí chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů

charakterizuje základní skupiny organických sloučenin a jejich významné zástupce, zhodnotí jejich surovinové zdroje, využití v praxi a vliv na životní prostředí

využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v organické chemii

URČENÍ OBSAHU ALKOHOLU VE VZORKU METODOU S PYKNOMETRICKÝM

PRINCIPEM

Vzhledem k vysoké ceně pyknometrů, je použita inzulinová injekční stříkačka o objemu 1 ml.

Pomůcky: váhy, injekční inzulinová stříkačka o objemu 1 ml, kádinky

Postup práce: Nejprve si zvažte suchou, prázdnou stříkačku i s víčkem. Víčko chrání jehlu a zabraňuje tak případnému poranění. Následně stříkačku naplňte vzorkem. Poklepáním na stříkačku vyžehňte veškeré vzduchové bubliny k ústí jehly a odstříkněte přebytečný vzduch i s přebytečným vzorkem tak, aby byl píst zarovnaný s ryskou 1 ml. Stříkačku zavřete víčkem a opět zvažte. Poté ze stříkačky vytlačte vzorek, stejným postupem ji naplňte destilovanou vodou a opět i s víčkem zvažte. Navážené hodnoty doplňte do vzorce a vypočítejte hustotu vzorku. Tu následně převed'te pomocí tabulek závislosti hustoty na obsahu ethanolu na procentuální objem ethanolu ve vzorku.

$$\rho_{vz} = \frac{m_{inj+vz} - m_{inj}}{m_{inj+H_2O} - m_{inj}} * \rho_{H_2O(20^{\circ}C)}$$

Kde:

m_{inj+vz} je hmotnost stříkačky naplněné stanovovanou kapalinou

m_{inj} je hmotnost suché čisté stříkačky

m_{inj+H_2O} je hmotnost stříkačky naplněné destilovanou vodou

$\rho_{H_2O(20^{\circ}C)}$ je hustota destilované vody při teplotě 20 °C (laboratorní teplota) → 998,2002 kg/m³

ρ_{vz} je hustota stanovované kapaliny

Bezpečnost práce: I když mají inzulinové injekční stříkačky pouze malinkou jehlu, je důležité žáky upozornit, aby se nepíchli. Během destilace je třeba dbát zvýšené pozornosti při manipulaci s horkými předměty.

Tipy pro učitele: Inzulinové injekční stříkačky jsou kusově většinou k dostání ve zdravotnických potřebách, někdy i v lékárnách. Je dobré žáky upozornit, aby po celou dobu stanovení vážili na jedné a té samé váze. Dále je třeba upozornit žáky, aby při odšťikování přebytků ze stříkačky na nikoho nemířili.

Příklady kontrolních otázek:

Jaká je závislost hustoty na množství ethanolu ve směsi s vodou a proč?

Jaký je bod varu ethanolu?

Nakreslete destilační kolonu a popište ji:

STANOVENÍ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ DLE SCHOORLA

K tomuto stanovení je třeba si nejprve připravit vzorek sladiny, dle časových možností si ho buďto žáci mohou připravit sami, nebo jej lze připravit dopředu. Popřípadě lze vzorek sladiny nahradit roztokem obsahujícím redukující cukry. V takovém případě se ovšem ztrácí právě to praktické propojení, o které usilujeme. O slad lze požádat v místním minipivovaru, případně se dá objednat po internetu.

Zařazení do RVP:

Chemie 5.3.2

objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech

charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam

Pomůcky: automatická vodní lázeň, teploměr, skleněná tyčinka, kádinky, filtrační nálevka, filtrační papír, rendlík, třecí miska s tloučkem, stojan, křížové svorky, filtrační kruh

Chemikálie: Fehling I, II, H₂SO₄ (1:4), škrobový maz, KI

PŘÍPRAVA SLADINY

Před samotnou výrobou sladiny je třeba nejprve rozšrotovat slad. 50 gramů vzorku sladu postupně rozetřete ve třecí misce. Poté slad rozmíchejte ve 200 ml vody při teplotě 37 °C. Po řádném rozmíchání sladu začněte na vodní lázni ohřívat na 45 °C, na této teplotě udržujte dílo 30 minut. Poté začněte zvolna zahřívat tak, aby během 25 minut teplota stoupla na 70 °C. Na této teplotě rmutujte dalších 60 minut. Je třeba roztok pravidelně míchat. Po 60 minutách nechte sladinu volně 20 minut zchladnout a následně filtrujte na skládaném filtru.

PŘÍPRAVA VZORKU

Z filtrátu sladiny odpipetujeme 10 ml do odměrné baňky o objemu 200 ml. Baňku doplníme po rysku destilovanou vodou a důkladně promícháme.

STANOVENÍ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ

Ze vzorku sladiny odpipetujte 10 ml vzorku do titrační baňky, ke vzorku vložte varný kamínek. Následně přidejte po 10 ml roztoku Fehlingu I a Fehlingu II, pomocí pipety. Takto připravený roztok přiveďte k varu a nechte dvě minuty vařit. Před začátkem ohřívání vložte do hrdla titrační baňky coby zátku mikro nálevku. Po uplynutí dvou minut varu baňku schlaďte pod studenou tekoucí vodou na laboratorní teplotu. Mikro nálevku spláchněte před vyjmutím z hrdla titrační baňky malým množstvím destilované vody. Následně do baňky přidejte roztok KI, vzniklý rozpuštěním 3 gramů KI v přibližně 10 ml destilované vody. Poté odpipetujte 10 ml H_2SO_4 (1:4) a přidejte je do titrační baňky. Následně obsah baňky titrujte roztokem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ do žlutavého zbarvení. Po prvních žlutějších tónech přidejte 5 ml škrobového mazu. Objeví se temně modré zbarvení. Roztok titrujte do odbarvení škrobového mazu, tedy do bílého zbarvení. Po úplném a nevratném vymizení modrého zbarvení jsem odečtete spotřebu titračního činidla a proveďte výpočet.⁹ Pro provedení výpočtu musí být v rámci stanovení proveden takzvaný slepý pokus, ten probíhá stejně jako samotné stanovení, ovšem místo pipetování 10 ml vzorku sladiny se pipetuje 10 ml destilované vody. Stanovovaným redukujícím cukrem je maltosa.

Modelový výpočet obsahu maltosy:

Pro přepočet spotřeby thiosíranu na obsah maltosy využijte tabulky spotřeb $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ o $c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ pro Schoorlovu metodu.

1, Spotřebu thiosíranu odečtete od slepého pokusu:

slepý pokus – průměrná spotřeba = 10,82 ml (modelový výsledek)

2, Dle tabulek odečtete množství maltosy pro dvě nejbližší hodnoty:

1 ml spotřeby → 3,9 mg maltosy

10 ml spotřeby → 39,5mg maltosy

11 ml spotřeby → 43,5 mg maltosy

3, Interpolační výpočet:

Vzhledem k tomu, že tabulka je dimenzována pouze na jedno desetinné místo, je nutné zbylé desetiny mililitrů spotřeby dopočítat. Nelze totiž ony desetiny zanedbat či zaokrouhlit, docházelo by tím ke zkreslení výsledků.

1ml 3,9 mg

$$0,82 \text{ ml} \dots\dots\dots x \quad \rightarrow \quad x = \frac{0,82 \cdot 3,9}{1} = 3,198 \text{ mg}$$

Získanou hodnotu přičtete k hodnotě odpovídající 10 ml spotřeby a tím získáte obsah maltosy v 10 ml vzorku sladiny se zředovacím faktorem 10/200, tedy v 0,05 ml původní sladiny.

4, Celkový obsah maltosy:

10, 82 ml sp odpovídá $39,5 + 3,198 = 42,698$ mg maltosy v 10 ml vzorku

42,698 mg maltosy v 0,05 ml sladiny $\rightarrow 0,042698$ g maltosy/0,05 ml sladiny \rightarrow

0,085396 g maltosy/ 1 ml sladiny $\rightarrow 85,396$ g maltosy/ 1 litr sladiny.

Obsah maltosy v litru sladiny je 85,396 gramů.

Bezpečnost práce: je třeba dbát na bezpečnost práce v laboratoři při manipulaci s horkými předměty a chemikáliemi.

Tipy pro učitele: Pokud jsou ve skupince alespoň dvě titrační baňky, lze pracovat plynuleji a stanovení se tím lehce zrychlí. Při výrobě sladiny je třeba dílo míchat a hlídat teplotu, aby nedocházelo k inaktivaci enzymů. Na začátku a konci rmutování je možné provést orientační zkoušku zcukření pomocí Lugolova roztoku.

Příklady kontrolních otázek:

Proč je ve sladu stanovovaným redukujícím cukrem maltosa?

K čemu dochází během zcukření?

Které enzymy se podílejí na zcukření?

ZÁVĚR

Při pokusu implementovat do výuky chemie co nejvíce technologických principů jsem v průběhu práce narazila na různé překážky. Ať už z hlediska vybavení či legislativy, ovšem i přes všechny překážky se podařilo do jisté míry implementovat základní principy technologické praxe do praktických cvičení z chemie tak, aby žáci měli pocit, že jsou jim předávány v běžném životě využitelné informace. Úspěšnost těchto cvičení je ovšem závislá na učiteli, stejně jako celý proces učení. Ovšem je třeba na to třídu připravovat již od začátku. Pokud tedy chceme žáky nadchnout pro studium přírodních věd či s nimi pouze pracovat na různých experimentech, je třeba tomu výuku přizpůsobit již od osmé třídy, kdy s chemií začínají.

Velkou nevýhodou je časová náročnost praktických cvičení obecně. Vypracovaná praktická cvičení jsou tak vhodnější na provedení při blokové výuce nebo v rámci projektových dnů.

Metody, které jsem vypracovala, se nedají považovat za plnohodnotné analytické metody, ale je třeba k nim přistupovat jako k prostým edukačním nástrojům. Jejich provedení nebude znamenat, že žáci s přesností na dvě desetinná místa fakticky správně stanoví obsah stanovované látky ve vzorku. Mělo by ovšem znamenat, že si žáci vyzkouší praktické cvičení, osvojí si zkoušenou metodu či se případně poučí z provedených chyb a dokážou si propojit prostředí běžného života s probíranou látkou. V ideálním případě by mohlo znamenat, že se podaří ukázat žákům, že chemie není ani zbytečná ani nudná a možná probudit zájem o ní.

Pokud tedy podpoříme praktickou výuku chemie na školách, podpoříme tím i úspěšnost vzdělávání. Protože praktické cvičení může žáky dovézt od těžko představitelné teorie k daleko srozumitelnější praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

1, RNDr. Karel Kosař, CSc. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

2, BASAŘOVÁ, Gabriela. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.

3, BASAŘOVÁ, Gabriela. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team JUDr. Karel Havlíček, 2015. ISBN 978-80-87109-47-2.

4, *Analytická chemie pivovarská: pro IV. ročník středních průmyslových škol potravinářské technologie*. 2. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1962.

5, PAVEL, Jiří. *Biochemie: Návody do cvičení: Určeno pro posl. fak. agronomické*. 1. vyd. Praha: SPN, 1988.

6, JANČÁŘOVÁ, Irena, JANČÁŘ, Luděk a ČERNOCKÁ, Hana. *Návody pro laboratorní cvičení z anorganické a analytické chemie*. 1. vyd., dotisk. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. 118 s. ISBN 80-7157-208-X.

7, Stanovení poměru redukující oligosacharidy/monosacharidy ve sladině. ČERVINKA, Ing. Miroslav. *Kvasný průmysl* [online]. 1. Brno, 1971, s. 192-196 [cit. 19.04.2020]. ISBN 663-443-547-455/458. Dostupné z: <https://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/1971/08/04.pdf>

8, *Studium chemie: Důkaz redukujících sacharidů (Fehlingův test)* [online]. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, 2018 [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <http://studiumchemie.cz/experiment/dukaz-redukujicich-sacharidu-fehlinguv-test/>

9, KÁŠ, J., M. KODLÍČEK a O. VALENTOVÁ. *Laboratorní techniky biochemie: Stanovení redukujících sacharidů podle Schoorla* [online]. Praha: vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006 [cit. 10.05.2020]. ISBN 80-7080-586-2. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-586-2/pdf/137.pdf

10, *Kvalita pitné vody: vybrané ukazatele kvality pitné vody* [online]. Plzeň: skupinový vodovod Plzeň, 2018 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <http://www.vodarna.cz/vse-o-vode/kvalita-pitne-vody2/>

11, Bioprocessy 2-2: Technologie výroby piva [online]. In.: [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: http://sci.muni.cz/data/C6210/C6210_Bioprocessy_2-2.pdf

12, KRESTÝN, Martin. *Optimalizace procesů vaření sladiny v laboratorní mikrovarně* [online]. Brno, 2010 [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=33977;download_prace=1. Bakalářské práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta ústav 234. Vedoucí práce Ing. Josef Loss Ph.D.

13, Tvrdost vody | VODÁRNA PLZEŇ a.s.. *VODÁRNA PLZEŇ a.s. - skvělá voda každý den* [online]. Copyright © 2020 VODÁRNA PLZEŇ a.s. [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <https://www.vodarna.cz/tvrdost-vody/>

14, Chemie hrou - databanka domácích pokusů. *Obsah nedodán* | Endora.cz [online]. Copyright © all rights reserved [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <http://www.chemiehrou.funsite.cz/07.html>

15, Destilace směsi: Chemické pokusy pro gymnázia. *Chemické pokusy pro gymnázia* [online]. Copyright © Lada Sekerová, Návrh inovace laboratorních cvičení pro gymnázia, Bakalářská práce. VŠCHT Praha, 2016. [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <https://chemicke-pokusy-pro-gymnazia.webnode.cz/pokus-dva/>

16, RVP pro gymnázia, Národní ústav pro vzdělávání. *Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Copyright © [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-gymnazia>

17, FRIEDLOVÁ, Hana. *Voda jako základní surovina pro výrobu piva* [online]. Brno, 2009 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjUqsO3sfXoAhUMCewKHc2PALcQFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fis.mendelu.cz%2Fzp%2Fportal_zp.pl%3Fprehled%3Dvyhledavani%3Bpodrobnosti%3D26785%3Bzp%3D17482%3Bdownload_prace%3D1%3Blang%3Dsk&usg=AOvVaw2jqSdRWkDd8q7frI0VrOSZ Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Jindřiška Kučerová Ph. D.

18, BLAKALOVÁ, Eva. *Moderní trendy ve výrobě sladu a piva a jejich vliv na kvalitu hotového piva* [online]. Brno, 2006 [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiYqL->

[zsvXoAhWEwAIHHaNIAy0OFjAAegOIAxAB&url=https%3A%2F%2Fis.mendelu.cz%2Flide%2Flovek.pl%3Fzalozka%3D13%3Bid%3D3236%3Bstudium%3D11832%3Bzp%3D8077%3Bdownload_prace%3D1%3Blang%3Dsk&usg=AOvVaw2YQNBrM8G82wNzLOkgIrfP](https://www.mendelu.cz/flide/lovek.pl/zalozka/3D13/Bid/3D3236/3Bstudium/3D11832/3Bzp/3D8077/3Bdownload_prace/3D1/3Blang/3Dsk&usg=AOvVaw2YQNBrM8G82wNzLOkgIrfP). Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Tomáš Gregor Ph.D.

19, Komplexometrické stanovení obsahu Ca^{2+} a Mg^{2+} ve vodě: (tvrdost vody). *Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin* [online]. 1 [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: [https://home.czu.cz/storage/55489_Komplexometrické%20stanovení%20obsahu%20Ca2+%20a%20Mg2+%20ve%20vodě%20\(tvrdost%20vody\).pdf](https://home.czu.cz/storage/55489_Komplexometrické%20stanovení%20obsahu%20Ca2+%20a%20Mg2+%20ve%20vodě%20(tvrdost%20vody).pdf)

20, Český lékopis 1997: Příloha k vyhlášce č. 1/1998 Sb. [online]. 1997 [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <http://www.lekopis.cz>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Přehled rozpuštěných solí a jejich vliv na druhy tvrdosti vody	12
Obrázek 2 Chmelové granule	20
Obrázek 3 Chmelové hlávky	20
Obrázek 4 odželezňování vody v technologické praxi.....	59
Obrázek 5 Odželezňování vody ve školní laboratoři	59
Obrázek 6 Porovnávací škála složená z referentních roztoků	61
Obrázek 9 Provedená zcukřovací zkouška na vzorku sladiny před zcukřením	63
Obrázek 8 Provedená zcukřovací zkouška na celozrné housce	63
Obrázek 7 Provedená zcukřovací zkouška na Glukopuru	63
Obrázek 10 Rmutování ve školní laboratoři za využití vodní lázně	64

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	9
Tabulka 2.....	10
Tabulka 3.....	21
Tabulka 4.....	37

CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ

The Master thesis is focused to practice a Lab exercises in school. Describing theory used in technological practise. On this basis is created the process in laboratory. The Goals of these work are support chemistry education and make conection between chemistry theory and technologies of everyday life. This conection its essential for children. We want to wake up the passion for chemistry in them.