

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA CHEMIE

**POROVNÁNÍ CUKERNATOSTI KOMERČNÍHO SLADU A
SLADU PŘIPRAVENÉHO V LABORATOŘI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BC. KRISTÝNA NOVÁ

CHEMIE SE ZAMĚŘENÍM NA VZDĚLÁVÁNÍ

VEDOUcí PRÁCE: ING. JAN HRDLÍČKA PH.D.

PLZEŇ 2018

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

Plzeň 1. června 2018

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Za podporu, péči a vedení mé práce velice děkuji Ing. Janu Hrdličkovi Ph.D. Jenž mě bezpečně provedl celým procesem od plánování k praktickému zpracování až po zpracování dat. Poskytl mi odborné vedení a podmětne rady. Za radu a odbornou pomoc 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	6
Teoretická část	1
Úvod do problematiky výroby sladu	1
Morfologie ječmene	1
Chemické složení ječmene a sladu	2
Technologický postup výroby sladu	3
Čištění, třídění a skladování	3
Máčení.....	5
Faktory ovlivňující rychlost máčení.....	6
Máčecí postupy	8
Metoda 2-3 máčecích vod.....	8
Záplavové máčení.....	9
Opakované máčení.....	9
Sprchové máčení	9
Klasické máčení	9
Instrumentalizace.....	10
Klíčení	11
Látkové přeměny při klíčení	12
Stádia hromad	13
Technologie klíčení.....	13
Základní metody klíčení.....	15
Instrumentalizace.....	15
Hvozdění.....	16
Fyzikální změny	17
Chemické změny	17
Instrumetalizace	18
Odkličování.....	18
Technologický postup rmutování.....	18
Štěpení škrobu.....	19
Postupy rmutování	20
Infuzní rmutování	20
Dekokční rmutování	21
Jedno-rmutový dekokční způsob	21
Dvou-rmutový dekokční způsob.....	21

Tří-rmutový dekokční způsob.....	22
Teorie užitých metod	22
Stanovení redukujících cukrů dle Schoorla	22
Stanovení faktoru thiosíranu sodného na bromičnan draselný.....	23
Praktická část	23
Příprava na samotné stanovení.....	23
Výroba sladu v laboratoři	28
Máčení.....	28
Klíčení	29
Hvozdění.....	31
Rmutování v laboratoři	32
Stanovení jednotlivých sladů pomocí Schoorlovy metody stanovení redukujících cukrů	33
Základní postup práce	33
Hodnoty a výpočty	33
Slad průmyslově vyrobený	33
Slad vyrobený z krmného ječmene – před dotažením.....	34
Slad vyrobený z krmného ječmene – po dotažení.	35
Slad vyrobený ze sladovnického ječmene – před dotažením	36
Slad vyrobený ze sladovnického ječmene – po dotažení.....	37
Slad vyrobený ze sladovnického ječmene, máčený ve fyziologickém roztoku	37
Zhodnocení hodnot naměřených v jednotlivých stanoveních	38
Porovnání výsledků sladu z krmného ječmene před a po dotažení.....	39
Porovnání výsledků sladu ze sladovnického ječmene před a po dotažení	39
Závěr.....	41
Seznam použité literatury a pramenů.....	42
Seznam obrázků	43
Seznam tabulek	44
Cizojazyčné resumé	45

ÚVOD

Téma bakalářské práce jsem si zvolila, neboť mým hlavním zájmem je propojení chemie a potravinářského průmyslu. Je důležité si uvědomit, jak velký význam mají chemické metody v každodenním dění kolem nás. Jistě, zdoluhavou analytickou práci nahrazují rychlé stroje nezátížené lidskou chybou. Určitě by, ale nebylo vhodné starší metody a reakce opomíjet. Jejich znalost nám pomáhá pochopit danou problematiku a najít tak účelné řešení. Technologie jde sice vpřed a společnost se stále vyvíjí, ale je třeba dbát i na znalost metod nezávislých na přístrojích, které mají ve speciálních případech stále své využití.

V této práci se budeme zabývat porovnáním cukernatosti sladů, přičemž nadefinujeme technologické termíny a postupy. Budeme porovnávat čtyři světlé slady mezi sebou. Jako hlavní část této práce porovnávat cukernatost u sladů mnohdy vyrobených v laboratorních podmínkách a sladu průmyslově vyrobeného. Cukernatost sladu je nejdůležitějším faktorem technologické využitelnosti. V technologické praxi se stanovuje tzv. extrakt, od kterého se odvíjí jak cena sladu, tak jeho kvalita. Pokud při nákupu sladu technolog nezná jeho extrakt, kupuje takřkajíc zajíce v pytli. Ovšem cukernatost sladů přímo ovlivňuje využitelnost při prokvášení, což je z hlediska výroby piva, kde je slad jednou z hlavních surovin, klíčovou vlastností.

Cukernatost je ovlivněna kvalitou zpracování sladovnického ječmene, tuto technologii budu sama aplikovat v laboratorních podmínkách při přípravě sladu.

V části práce budou nadefinovány technologické termíny, jejichž znalost a problematika jsou klíčové k pochopení proběhlých procesů. V teoretické části se budeme zabývat tématy kvalitního sladovnického ječmene, a jeho transformačního procesu v kvalitní slad.

Dále přejdeme k prvnímu praktickému úkolu, a sice k přípravě vlastního sladu. Seznámíme se s použitými postupy a důvody proč byly právě tyto postupy použity a porovnáme si je s technologickou praxí ve sladovnách.

Bude popsáno nutné technologické minimum o procesu rmutování, který nutně musíme aplikovat pro stanovení cukernatosti. U technologického postupu se budeme v teoretické části zabývat změnami, které při nich zrno postihují a v praktické části budeme aplikovat volby popsaných postupů a zamyslíme se nad souvislostmi s technologickou praxí.

V další části práce se seznámíme s vybranou analytickou metodou, jejím principem, praktickým provedením a významem v dnešní technologické praxi. Výsledky získané danou metodou vyhodnotíme a porovnáme technologickou využitelnost připravených sladů. V poslední části pak

shrňeme získané poznatky z vlastního měření a zhodnotíme je s ohledem na skutečnosti popisované v odborné literatuře. Zhodnotíme průběh celé práce a její vlastní využitelnost.

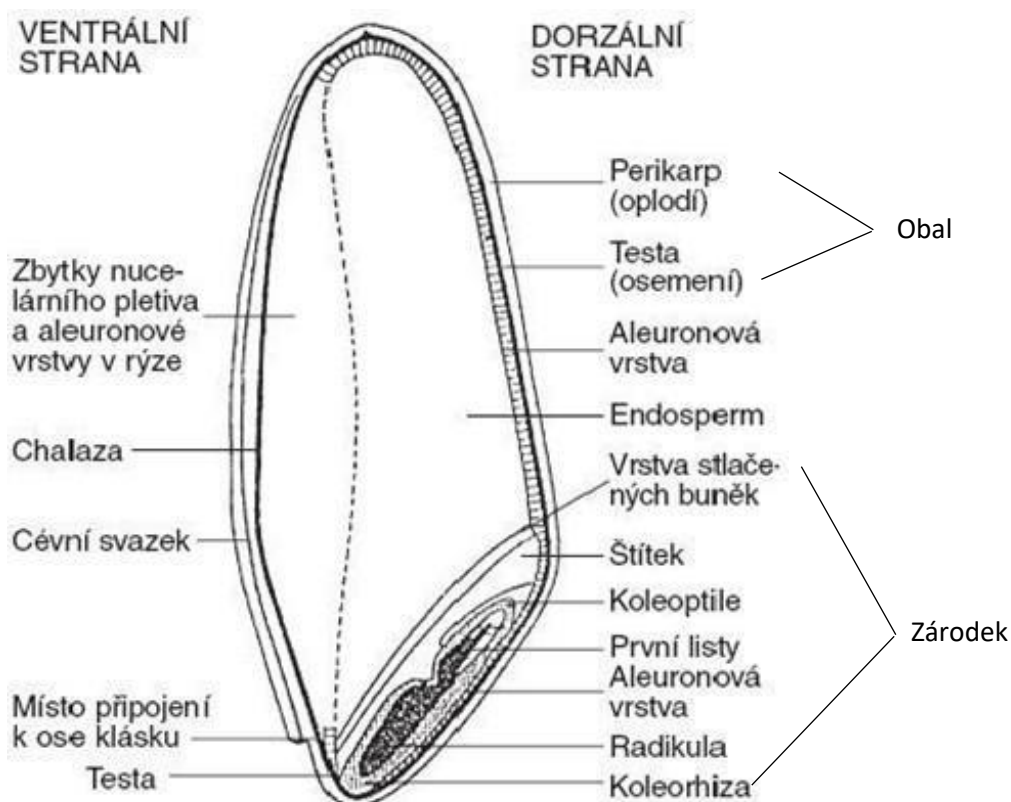
TEORETICKÁ ČÁST

ÚVOD DO PROBLEMATIKY VÝROBY SLADU

Slad je jednou ze základních surovin pro výrobu piva, jedná se o technologicky zpracovanou odrůdu sladovnického ječmene, která projde přesně danými procesy, tak aby jeho technologická výtěžnost byla co největší. Hon za výtěžností začíná ovšem už u výběru odrůdy, pěstujeme krmivářské a sladovnické ječmeny, ty sladovnické mají zpravidla lepší enzymatickou výbavu i morfologické vlastnosti a tím i větší obsah sacharidů a nižší obsah bílkovin.

MORFOLOGIE JEČMENE

V první řadě si ujasněme, že nás bude zajímat hlavně obilka ječmene, co by výchozí surovina. Nemá příliš význam se zabývat celou morfologií ječmene, ale morfologií obilky ječmene si nastiňme pro lepší možnost pochopit později probírané technologické postupy sladování.



Obrázek 1 Podélný řez obilkou (Mac Gregor, Bathy 1993, upraveno Psota, Šebánek, 1999) Zdroj: Kosař K. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3

Obilka ječmene se dělí na tři hlavní části: obal, zárodek a endosperm. Obal zrna tvoří plucha, pluška, oplodí a osemení. Pluchu nalezneme na hřbetní straně zrna a plušku na břišní straně. Jsou pro nás významné zejména tím, že chrání endosperm, pro nás zásadní část zrna, před mechanickým poškozením. Pokud, se ovšem bavíme o zásadních částech zrna nesmíme opomenout zárodek, latentní formu, ze které za správných podmínek vyrůstá nový jedinec. Limitními hodnotami pro přežití zárodku je minimálně 10 % vody a 10-12 % oxidu uhličitého ve tkáni zárodku. Pokud je obsah menší než uvedené hodnoty, zárodek přestává být životaschopný a pro sladařství je tedy takový ječmen nepoužitelný. Jako třetí část nám tedy zbývá endosperm, který vyplňuje vnitřek zrna, skrývá se pod aleuronovou vrstvou, což je vrstva hranolových buněk hned pod osemením. Endosperm tvoří bílkoviny, tuk a také škrobová zrna. Pro sladařství je požadován slad s moučnatým endospermem, tedy obsah škrobu je markantně větší než obsah bílkovin. Pokud by tomu bylo obráceně, mluvili bychom o sklovitém endospermu. Pro lepší představu, pokud bychom rozpůlili podélně zrno s moučnatým endospermem, viděli bychom jakoby sypký vnitřek zrna mléčně bílé výrazné barvy matného vzezření. Sklovitý endosperm se oproti tomu vyznačuje na řezu lesklým lehce nažloutlým vzezřením se zdánlivě hladkou texturou.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ JEČMENE A SLADU

Abychom tedy pochopili rozdíl mezi ječmenem a sladem nastiňme si jejich chemické složení.

Úplně první markantní rozdíl můžeme pozorovat v obsahu vody, v obilce ječmene je 80-88 % sušiny a 12-20 % vody. Oproti tomu u sladu se obsah vody pohybuje okolo 4 %. Dále se podívejme na samotné chemické složení sušiny obilky ječmene: Pro nás jedna z nejdůležitějších komodit, škrob, tedy polysacharid je zastoupen 60-65 %. Z něj amylosa tvoří 17-24 % a amylopektin 76-83 %. Nízkomolekulární sacharidy pak zastupuje 1-2 % sacharosa, za ní následují v řádu desetin procenta pak rafinosa, maltosa, glukosa a fruktosa jako zkvasitelné cukry. Zde si lze povšimnout, proč by se nám z ječmene pivo vařilo jen velice obtížně spíše pak vůbec. Ječmen obsahuje z 65 % nezkvasitelné cukry. Tedy cukry, se kterými si kvasinky v následném procesu zakvášení, kdy se tvoří alkohol a oxid uhličitý, neporadí. To je ve výsledku stejné i u sladu, zásadním rozdílem je ale poměr enzymů. Sladovnickým procesem se aktivují a dotahují enzymy α -amylasa a β -amylasa. Dále v obilce ječmene najdeme samozřejmě tuky o obsahu 3-3,5 %, fosfáty ve formě fytinu 0,9 %, dusíkaté látky 9,5-11 %, z nich

pak rozpustné činí 1,9 %, albuminy a globuliny s 3,5 %, prolaminy 3-4 % také gluteliny s 3-4 % a nakonec minerální látky se svými 2 %.^{1 2}

Naproti tomu, co se týče chemického složení sladu, se budeme vyjadřovat v trošku jiných pojmech daných technologickými ukazateli. Obsah vody nám tedy klesl na zhruba 4 %, jak už jsme zmiňovali výše. Extrakt mladiny nám nyní tvoří minimálně 80,5 % sušiny, v tomto ukazateli jsou zahrnuté pro nás nejdůležitější látky, škrob, enzymy, ale ovlivňuje ho i obsah bílkovin. S ním klesá extraktivnost. Obsah bílkovin ve sladovém zrně by se tedy měl pohybovat v rozmezí 10-11,5 % při čemž hraniční hodnota 11,5 % je už poměrně vysoká a může způsobovat přepěňování piva tedy gushing. Další významnou změnou je obsahované množství β -glukanů jež ovlivňují viskozitu mladiny. Je nutné je vlivem rozluštění obilky navýšit alespoň o 70-150 %, v opačném případě může docházet ke špatnému stékání mladiny. Zejména stékání sladiny by nám mohlo ovlivnit filtraci po rmutování, které budeme provádět před samotným stanovením. Ty by tedy měly být zastoupeny 100-200 mg/l. Vlivem sladovnického procesu se také dotváří látky ovlivňující barvu, u sladu světlého typu je to 3,5-4 jednotky EBC. Tyto jednotky jsou vyjádřeny na základě analytické metody za pomoci spektrofotometru.^{1 2}

TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY SLADU

Technologické procesy, kterými musí ječmen projít jsou: čištění, třídění, máčení, klíčení, hvozdění a odkličování sladu.

ČIŠTĚNÍ, TŘÍDĚNÍ A SKLADOVÁNÍ

Začněme tedy čištěním. Je jasné, že při sklizni a transportu ječmene se do něj dostává velké množství nečistot, jako jsou kamínky, hlína, zbytky jiných obilovin a leckdy i kovové částičky. Do sladovny ječmen přiveze nákladní auto, které je zváženo před a po vysypání. Odevzdaný ječmen putuje přes dopravníky jako jsou šneky, elevátory a pásy do provozu. Zde dochází k prvnímu předčištění a následnému čištění. V předčištění dochází k odstranění největších mechanických nečistot a kovových částí v magnetických bubnech. Poté je ječmen poslán do třídičky, kde se na třech úrovních vibračních sítí odstraní zbytky nečistot a v triéru se následně odstraní zrna plevelu a půlky zrn. Jakmile je slad přečištěný je nutné ho přetřídit. Příliš různorodé složení velikostí zrn by vedlo k nerovnoměrnému namáčení i pozdější nerovnoměrné hromadě a technologický výsledek by byl neuspokojivý. Zatímco méně namočená zrna by ještě nedosáhly maxima rozluštění, zrna

namočená dostatečně by se již mohla začít zapařovat, což by mohlo vézt k mikrobiální činnosti, plsnivění. Třídění, které těmto nežádoucím jevům předchází je tedy prováděno v třídičkách. Slad je tříděn podle velikosti zrn na ječmen I. a II. třídy. I. třídou pak rozumíme ječmen o velikosti zrn nad 2,5 mm a II. třídou 2,2-2,5 mm. Zrna s velikostí pod 2,2 mm označujeme jako propad, ten je ovlivněn ročníkem, ovšem u dobrého ročníku se jedná o přibližně 1 %, průměrně to je kolem 4 % a špatný ročník může mít 8 až 10 %.^{1 2} Ostrost třídění je ovlivněna seřízením a výkonnostními možnostmi třídičky a musí být denně kontrolováno v laboratoři.

Po přetřídění ječmene je třeba jej náležitě uskladnit. Zde existuje několik možností, jak to provést. Buďto pomocí podlahových sýpek, nebo prostřednictvím sil. Na podlahových sýpkách se ječmen skladuje ve vrstvách zabírajících zhruba tři čtvrtiny plochy sýpky, aby bylo možné jej přehazovat. Je žádoucí, aby podlahy těchto sýpek byly z materiálu, který nemá sklony k zapařování a dá se dobře čistit. Například betonové podlahy mají tendenci nadměrného absorbování vlhkosti, což pak vede k zapařování na spodku hromad, a to podporuje opět tvorbu plísní a mikrobiální činnost. Výšku, do jaké se hromady vrství, určuje vlhkost ječmene. Zpravidla ovšem nejvyšší hromady vrstvíme v zimních obdobích a nejnižší v letních. Suchý ječmene lze sypat do výšky 1,5-2,5 metru.¹ Co se týče skladování na silech, která jsou železobetonová se sacím nebo tlakovým větráním. Sila jsou konstruována tak, aby bylo možno skladovat odrůdy s různými hodnotami vlhkosti, bílkovin i podle druhu. Dále tak, aby bylo možné čistit prázdný prostor bez omezení příjmu jiného ječmene. Komory jsou tedy na sobě nezávislé. Je nutné také vzít v potaz optimální skladovací podmínky a jim přizpůsobené vybavení sil. Je doporučováno skladovat ječmen při 14–15 % vody. Ovšem interpretují, že kritická hodnota je 14 % vody, při jejímž překročení se dají do pochodu různé biochemické reakce zejména metabolismus glycidů, lipidů a dusíkatých látek.^{1 2} Zejména u glycidů (sacharidy) jsou tyto reakce velmi nežádoucí. Nejen, že díky probíhajícím reakcím se zvyšuje teplota, tvorba oxidu uhličitého a vody, ale díky těmto třem komoditám, jež začne ječmen produkovat dochází k tzv. dýchání ječmene a spotřebovávání jeho zásobních látek v obilce. Glycidy tvoří asi 80 % sušiny ječmene a pro pozdější výrobu kvalitního sladu, jsou nezbytné. Není tedy žádoucí, aby se degradovaly již při skladovacích procesech. Produkce vodní páry při dýchání ječmene také vede ke srážení vodních krůpějí na zrnech a dochází k zapařování a s ním narůstá pravděpodobnost vzniku plísní. Sacharidy ovšem nejsou jen v sušině, k jejich degradaci může docházet také ve slupce tvořené polysacharidy například glukóza či

beta-glukany. Takovým narušováním slupky je opět ohrožen vnitřek zrna a vystaven vyšší pravděpodobnosti vzniku plísní či napadení mikrobiální činností. Poškozené obilky se pak pokrývají mycéliem skladištních hub. Pokud je slad špatně přetříděn přirozeným tříděním zrn, pak ve vertikálním profilu vznikají ložiska samo-zahřívání. Proti těmto nežádoucím jevům se sila brání čidly, která monitorují vlhkost vzduchu, teplotu i obsah oxidu uhličitého. Zejména samotná vlhkost vzduchu v silech je velice důležitým aspektem pro úspěšné skladování ječmene. Vlhkost ječmene je totiž v rovnováze s vlhkostí vzduchu. To je logické vzhledem k dlouhodobému skladování. Uzavřený systém složený z pevné látky (sladu) a plynné látky (ovzduší sila) se snaží dosáhnout rovnovážného stavu. Abychom tomu tedy předcházeli ze sila uděláme otevřený systém pomocí regulačních ventilů řízených výše zmíněnými čidly. Čidla pak předávají velínu impulzy, a přenášené informace katalyzují potřebu zásahu pracovníka k ovlivnění situace v silech. Dále se při skladování užívá různých prostředků ať už biologických, odpuzujících škůdce či chemických a fyzikálních užívaných hlavně při sanitaci.

Ječmen i při skladování prochází několika přirozenými stádii. Dobou posklizňového dozrávání, což dle ročníku může být doba od několika dní až po několik měsíců. Dá se několika způsoby urychlit. Použití 1% roztoku peroxidu vodíku, nebo kyseliny giberelové je pro odběratele nepřijatelné. Jediným způsobem, jak toto stádium urychlit je tedy pouze namáčení do zhruba třiceti procent vlhkosti a následná vzdušná přestávka alespoň na 12 hodin. Toto období končí v momentě, kdy jsou hodnoty klíčivé energie spolu s hodnotami indexu klíčivosti nejvyšší. Klíčivá energie nám vyjadřuje procento obilek vyklíčených po 72 hodinách, zatímco index klíčení bere v potaz průměrnou rychlost klíčení, složenou z počtu vyklíčených obilek za 24, 48 a 72 hodin.

Dalším přirozeným procesem je dormance. To je několika denní období po sklizni, kdy ječmen vždy klíčí nerovnoměrně a pomalu i když má absolutně optimální podmínky.¹

MÁČENÍ

Prvním krokem samotné výroby sladu je máčení. Cílem máčení ječmene je zvýšit řízeným způsobem obsah vody v obilce pro zahájení enzymatických reakcí a pro klíčení zrna. Cílem je při únosné míře spotřeby vody, zrno omýt, zbavit nečistot a prachu a dosáhnout dostatečné míry vláhy, dále také ze zrna vyloučit nežádoucí látky. Máčení je naprosto stěžejním procesem při výrobě sladu. Postup je následující. Prvním důležitým krokem v procesu máčení je vyprání ječmene, tím se vyplaví nečistoty, prach, dále má za následek

vyloužení barevných či hořkých látek, kyseliny křemičité a bílkovin obsažených v pluchách. Tyto látky jinak nepříznivě ovlivňují barvu, chuť i chování piva uvařeného ze špatně vypraného sladu. Ať už je to tedy ovlivnění sensorických vlastností, či nebezpečí přepěňování. Při správném skladování ječmene jsou enzymatické pochody probíhající v obilkách stažené na minimum vlivem nízkého procenta vody. Teploty nepříznivé pro enzymatické fungování tedy hlavně nižší, a správné regulace vzduchu. Vlivem máčení dodáme zrně potřebnou vlhkost a tím nastartujeme enzymatické reakce potřebné pro rozluštění obilky. Jak je vidno, proces máčení je tedy stěžejní pro úspěšnou výrobu sladu. Aby došlo ke správnému klíčení je nutné zachovat správný poměr vody a vzduchu, k tom nám slouží doby máčecí a vzdušné přestávky. K máčení ječmene by se měla používat čistá voda o maximální tvrdosti do 6,25 mmol/l.^{1 2} Nevhodné jsou také vody, které obsahují velké množství organických látek či železitých nebo hořečnatých sloučenin.¹

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ RYCHLOST MÁČENÍ

Průběh máčení nejvíce ovlivňují následující faktory: teplota vody, velikost zrna, struktura zrna, provětrávání ječmene.

Teplota vody přímo ovlivňuje rychlost příjmu vody ječmenem. Čím je teplota vyšší tím je i rychlejší příjem vody, samozřejmě se pohybujeme do teplot zhruba 22°C.¹ Pokud bychom máčeli ječmen ve vodě teplejší, sami bychom si devalvovali enzymatické procesy probíhající při klíčení ječmene, nemluvě o nepříznivém dýchání ječmene. Nejlepšími zdroji vody pro sladovny jsou podzemní zdroje, které si lépe zachovávají kontinuálně konstantní teplotu na rozdíl od vod povrchových, které v zimě či v létě více podléhají změnám počasí a jejich teplotní výkyvy jsou napříč ročními obdobími diametrálně odlišné.

Tabulka 1 Závislost doby máčení na teplotě vody Zdroj: Kosař K. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

Závislost doby máčení na teplotě vody a stupni domočení							
Obsah vody [%]	40			43		46	
Teplota [°C]	Doba máčení [h]						
9	47,5		78		101		
13	34		54		78,5		
17	30		46,5		73		
21	21		28		44,5		

Další faktorem ovlivňujícím rychlost příjmu vody je velikost zrn. Máčený ječmen musí být přetříděný, aby nedocházelo k přemočení zrn menších, a naopak nedomočení zrn větších. Čím je zrno větší tím pomaleji přibírá vodu. Pokud je ječmen nerovnoměrně namočený, dochází pak i k nerovnoměrnému klíčení, což má na svědomí vznik nehomogenního sladu.

Tabulka 2 Závislost rychlosti máčení na velikosti zrna Zdroj: Kosař K. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3

Závislost doby máčení na velikosti zrna			
Velikost zrn	2,2	2,5	2,8
Doba máčení [h]	Obsah vody [%]		
16	30,9	29,7	29,3
39	37,1	35,8	35,2
62	40,8	39,6	38,9
87	43,1	41,6	41,0

Nezanedbatelný vliv má i struktura zrna, která je velmi ovlivněná klimatickými změnami roku. Ročník od ročníku se tedy vlastnosti ječmene mění, ječmen pěstovaný v suchém období většinou disponuje sklovitým až polo-sklovitým endospermem a obsahuje více bílkovin. Tyto faktory inhibují proces příjmu vody. Oproti tomu ročníky z vlhkého období disponují endospermem moučnatým, který vodu přijímá ochotněji, stejně tak reagují i zrna s menším obsahem bílkovin. Struktura zrna se také liší odrůdu od odrůdy. Bylo prokázáno, že v zrnech různých odrůd dochází zejména v pozdějších stádiích máčení k různě efektivní distribuci vody v zrnu a tím je ovlivněna i úspěšnost máčecího procesu. Zdravý ječmen klíčí nejlépe při obsahu 37-40 % vody.¹

S příjmem vody úměrně roste i spotřeba kyslíku, tento jev nazýváme prodýcháváním ječmene. V procesu máčení k němu dochází zejména při vzdušných přestávkách. Jedná se o větší spotřebu kyslíku a vydýchávání oxidu uhličitého. Při nedostatečném dodávání kyslíku dochází k intramolekulárnímu dýchání, které může poškodit či dokonce vést k umrtvení zárodku zrna. Standardní dýchání zrna můžeme popsat rovnicí:



Zatím co pokud není dodáváno dostatečné množství kyslíku reakce vypadá takto:



Vzniklý ethanol je toxický a zárodek zabíjí.^{1 2}

MÁČECÍ POSTUPY

Je několik postupů pro máčení ječmene. Dle současného způsobu se ječmen máčí na tři namočení a dvě vzdušné přestávky a mokré vymočení, či na dvě vzdušné přestávky a dobu odkapání před vymočením, tzv. suché vymočení.

METODA 2-3 MÁČECÍCH VOD

1.namočení se provádí v intervalu 2-6 hodin, dobu ovlivňuje teplota vody a stav zrna, tedy zejména jeho struktura. Následující vzdušná přestávka je 14–20 hodin, tu ovlivňuje citlivost ječmene na vodu. V období blízko sklizně je vzdušné přestávka delší, později se vzdušná přestávka zkracuje, je nutné již v druhé polovině odsávat oxid uhličitý. Obsah vody je po prvním namočení asi 30 %.¹

2.namočení 6–10 hodin pod vodou, zde je doba pod vodou ovlivněná i provozními možnostmi a podmínkami. Při následující vzdušné přestávce ječmen oschne a je nutné aktivně odsávat oxid uhličitý. Obsah vody v zrně vzroste na 38–40 % vody.¹

3.namočení na 4–6 hodin pod vodou, po uplynulých 4-6 hodinách máčení se ječmen nechá bud'to, 2–4 hodiny okapávat a za sucha vymáčí, nebo se přímo z náduvníku vymáčí na klíčící síla. Pokud se krok okapávání vynechá, jedná se o způsob mokrého vymočení.¹

Tato metoda je nutná pro máčení při sladování čerstvého neodleželého ječmenu. Je nezbytně nutné při této metodě odsávat oxid uhličitý, aby nedocházelo k intramolekulárnímu dýchání zrna. Odsávání musí být regulováno s ohledem na teplotu vzduchu v máčírně. Pokud je teplota nízká přílišným a dlouhým odsáváním se vzduch ještě ochladí a dochází k výraznému omezení dýchacích procesů. Naopak při vyšší teplotě se častým a vytrvalým odsáváním se vzduch ohřívá a teplota se zvyšuje. I proto se dnes používá hlavně metoda tří máčecích vod a dvou vzdušných přestávek. Při první se tedy odsává až v druhé polovině přestávky, a to maximálně dvakrát. Při druhé přestávce je odsávání častější, ale provádí se maximálně jednou za dvě až tři hodiny. Efektivita odsávání oxidu uhličitého je velice důležitým prvkem prevence prodýchávání zrna. Pokud, je odsávání nedostatečné, zůstává v kónusu náduvníku oxid uhličitý, oproti tomu horní vrstvy sladu jsou zase provzdušněné nadměru, což vede k následnému nerovnoměrnému nástupu klíčení.

ZÁPLAVOVÉ MÁČENÍ

Další metodou máčení je záplavové máčení. Nevýhodou je spotřeba vody, ale metoda se používá ke zrychlení procesu máčení. Nejprve probíhá fáze namočení na 30 % obsahu vody, tj. zrna je 2–6 hodin pod vodou. Poté následuje 12 hodinová vzdušná přestávka. Následuje první zaplavení náduvníku, které trvá asi pět minut, obsah vody se zvýší na 36 % a následuje další 12 hodinová vzdušná přestávka. Při druhém zaplavení náduvníku, opět asi pět minut, se obsah vody pohybuje již kolem 39 % a po 6 hodinové vzdušné přestávce následuje poslední fáze namočení zrna na 6 hodin, obsah vody stoupne na 43 % a následuje vymáčení s vodou či bez ní. Nevýhodou tohoto postupu je o 30 % větší spotřeba vody než u předchozího vzdušného máčení.^{1 2}

OPAKOVANÉ MÁČENÍ

Jednou z neopomenutelných metod je metoda opakovaného máčení. Při této metodě regulujeme i teplotu, a proto je energeticky náročnější. První namočení při 18 °C na 6 hodin pod vodou a 12 hodinovou vzdušnou přestávku. Druhé namočení při stejné teplotě, ale pouze na tři hodiny v máčecí vodě ovšem se vzdušnou přestávku 22 hodin a poslední namočení při 40 °C na 1–1,5 hodiny s následným vymočením. Při této metodě je odsávání oxidu uhličitého minimální. Během druhé vzdušné přestávky se odsává maximálně dvakrát. Výhodou této metody jsou minimální sladovací ztráty.^{1 2}

SPRCHOVÉ MÁČENÍ

Ekonomicky nejvýhodnější je pak metoda sprchového máčení, metoda se používá při máčení v plochých náduvnících, výsledkem je minimální spotřeba vody. Nevýhodou ovšem je absence procesů vyluhujících z pluh zrn nežádoucí látky a nedostatečné oprání od prachu a splavků. Jako prevence proti tomuto jevu při užití sprchového máčení se ječmen jednou namočí do náduvníku a poté je sprchován cestou z náduvníku a při transportu do klíčících skříní.

KLASICKÉ MÁČENÍ

Klasické máčení, je pravý opak moderního vzdušného máčení. Vzdušné přestávky jsou krátké a máčecí doby dlouhé, tím dochází k minimální ztrátě z prodýchání a odsávání oxidu uhličitého je minimální čímž se snižují i provozní náklady. Tato metoda se ovšem používá jen u odleželých a dokonale vyzrálých ječmenů. Výsledkem jsou pak velmi kvalitní slady.

Pokud tedy vybíráme máčecí metodu je důležité vzít v potaz, jak kvalitní, odleželý a vyzrálý ječmen máme k dispozici, a jaký chceme zachovat poměr cena/výkon. Tento poměr nám pak ovlivňuje energetická náročnost procesu a spotřeba vody ku kvalitě získaného sladu. Spotřeba vody je nejhlavnějším ekonomickým ukazatelem. Dobrá spotřeba vody je přibližně 6 m³/t, nejmenší spotřeba vody je u sprchového máčení a při použití pračky ječmene je možné spotřebu vody stáhnout až na přibližně 4 m³/t. Další úspora vody je vracení namáčecí vody zpět do provozu, to je prováděno zejména při prvním namočení, kdy se vyluhují nežádoucí látky a ze zrn se splavuje prach a nečistoty. Čistota vody tak při prvním namočení nemá valný technologický význam. Další úsporou pak je dobře čištěný ječmen, při nižším procentu nečistot se nezpomaluje sběr splavků. Ekonomické efektivitě je třeba tedy proces výroby sladu přizpůsobovat již od začátku. Jako další způsob ekonomického spoření se pro větší účinnost máčecího procesu můžou přidávat do máčecích vod přídatné látky, ovšem jen takové, které jsou schváleny zdravotním hygienikem a Ministerstvem zdravotnictví České Republiky. Použití takových látek musí být uvedeno v technologickém postupu výroby sladu a je nutné dodržet veškeré zásady bezpečnosti práce. V těchto případech je sice výroba ekonomicky zatížená náklady jak na přípravek přidávaný, tak na technologická opatření s ním spojená. Například při používání dezinfekčních prostředků, které, jsou-li nutně používány, mohou narušit chod čističek odpadních vod atp. Pokud je tedy nutné takový přípravek použít, přidává se až do druhé máčecí vody. To má smysl z hlediska technologického, jelikož první máčecí voda je silně znečištěna splavky a prachem, nemluvě o tom, že mikroflóra ječmene je ještě v latentním stavu.

Celkové ztráty složené ze splavků, vyloužení pluch, prachu a nečistot a dýchání ječmene by neměly překročit 3 %. ¹

INSTRUMENTALIZACE

Při teorii máčení jsme zmínili několik prvků technické podpory, tedy rychle k instrumentalizaci. Máčení ječmene je tedy prováděno v náduvnících, což jsou válcové či čtyřhranné nádoby z legované oceli. Náduvníky mívají kónické dno se sklonem 45 °, aby ječmen mohl samovolně vytékat ven. Tyto kónické náduvníky mají kapacitu do 50 tun namočeného ječmene, aby se daly provětrávat, promíchávat a odsávat oxid uhličitý. Je to kónická nádoba vybavena ventily na tlakový vzduch a odsávání. Při větších objemech je obtížné zajistit optimální homogenní odsávání CO₂. Jiným typem je také výše zmiňovaný plochý náduvník. Kapacita tohoto zařízení je podstatně větší a sice až 250 tun. Takové

zařízení již musí být vybaveno girracléurem (žiraklérem), který slad nastírá, vyklízí i provádí sanitační úkony. Nevýhodou tohoto zařízení je větší spotřeba vody, neboť zde musí být při namáčení zaplavené i podlísčí (prostor pod jalovým dnem). Naproti tomu se zde snadněji zajišťuje při velkých objemech homogenní chod procesu, ať už z hlediska máčení či větrání. Posledním zmiňovaným typem zařízení je pračka ječmene. Jedná se o zařízení se šikmým šnekem, které přepravuje ječmen, zatímco je protiproudě sprchován vodou, čímž dochází k účinnému vyprání ječmene, a tedy i snížení nákladů na první máčecí vodu. V technologické praxi je samozřejmě možné využít i další zařízení i jiné typy, ale výše popsané byly zmiňovány v procesu máčení, a tedy jsou zde popsané pro lepší představu o jeho průběhu.^{1 2}

KLÍČENÍ

Sladařské klíčení má za úkol aktivaci a syntézu enzymů a rozluštění zrna, v takové míře, aby sladovací ztráty byly únosné za co nejmenších nákladů. Je nutné při procesu klíčení rozlišovat tvorbu enzymů od přeměny látek a růstové změny od projevů růstu.

Tvorba enzymů je stěžejní proces pro výrobu sladu, kromě α -amylasy jsou všechny enzymy ve stopovém množství v zrně již přítomny. Jejich další syntéza je iniciována fytohormony složenými z kyseliny giberelové a další příbuzných látek putujících přes endosperm do aleuronové vrstvy, kde pak vznikají nové aminokyseliny a enzymy, nejprve vzniká β -glukonasa a poté α -amylasa. β -amylasa nevzniká v aleuronu nýbrž v endospermu. Pro tuto syntézu enzymů je důležitý dostatek metabolické energie, která je získávána z odbourávání zásobních látek při dýchání zrna s dostatečným množstvím kyslíku. Oba tyto procesy jak dýchání zrna, tak tvorba kyslíku probíhají současně, proto je tak zásadní dostatek kyslíku při máčení a v prvních fázích klíčení. Nejdůležitějšími enzymy jsou pro nás amylasy, které odbourávají škrob na zkvasitelnou glukózu. α -amylasa, jak jsme již zmínili, není v ječmeni přítomná, ale tvoří se nejvíce od druhého do čtvrtého dne klíčení. Pokud je požadován velmi enzymatický slad, nechává se klíčit velmi dlouho, při čemž množství amylasy nadále stoupá. β -amylasa je v zrně již přítomná, v prvním dni klíčení dochází k zanedbatelné ztrátě a největší nárůst hodnoty nabývají během druhého a třetího dne klíčení, a i pak množství amylasy nadále roste. Její množství je ovšem bezprostředně závislé na dostatečném provětrávání ječmene. Množství amylas je obecně ovlivněno ročníkem, takže jak klimatickými podmínkami, tak i odrůdovými vlastnostmi ječmene. Ovšem vyšším obsahem vody v zeleném sladu se zvyšuje i obsah amylas. Pokud vedeme klíčení studené také zvyšujeme obsah amylas, vyšší teploty jak při klíčení, tak i máčení

sice podporují vlastnosti enzymů, ale výsledné vzniklé množství enzymů je ve finále menší.

LÁTKOVÉ PŘEMĚNY PŘI KLÍČENÍ

Dochází k nim vlivem nastartovaných enzymatických procesů, ty pak vedou k potřebnému rozluštění. Úkolem každého sladaře je omezit množství rozštěpených látek, které se spotřebovávají na výživu zárodku a proces klíčení na minimum. Nejvíc nás tedy zajímá to takzvané rozluštění. Jedná se o proces rozštěpení vysokomolekulárních látek na jejich štěpné produkty. Především se zde bavíme o rozrušení buněčných stěn a následné rozštěpení škrobových zrn a bílkovinných látek. Bílkovinné látky tvoří zejména buněčné stěny endospermu, spolu s hemicelulosami. Díky enzymům hemicelulase a β -glukanase jsou tyto stěny rozrušeny, a je tak možné rozštěpit škrob uvnitř buňky. Hemicelulosy jsou tvořeny β -glukany, ty mají na svědomí případné špatné stékání piva či jeho filtraci. β -glukany totiž silně ovlivňují viskozitu roztoků, je třeba tedy dbát na jejich nízký obsah ať už pěstováním odrůd s nízkým obsahem či důkladnému štěpení β -1,4-glukanasou, endo- β -1,3-glukanasou spolu s β -glukan-solubilasou jejíž množství se při sladování zvyšuje o 150-170 %. Kromě odbourávání β -glukanů, je nedílnou součástí látkových přeměn odbourávání škrobu. Škrob je zdrojem energie pro zárodek zrna, zrno ho spotřebovává až do doby, kdy je rostlina schopna samostatné fotosyntézy. Cílem výroby sladu, je ale omezit prodýchané ztráty při výstavbě zárodku na minimum. Zároveň ale musíme respektovat nutné procesy pro přeměnu škrobu na cukr. V ječmeni je obsaženo asi 62 % škrobu a 2 % cukru. U sladu je to ovšem 58 % škrobu a 8 % cukru. Vezmeme-li v potaz obsah sušiny sladu, asi 90 % při těchto údajích by muselo ve 100 gramech sladu být v ideálním případě asi 70 % škrobu, neboť ve 100 gramech sladu je obsaženo asi 63 g škrobu. Prakticky je ovšem ve sladu jen 58 % škrobu, což ukazuje na 12 % prodýchanou ztrátu škrobu spolu s asi polovinou vzniklých cukrů. V zrně je obsažená glukosa, ale i fruktosa a sacharosa. Maltosa je zastoupena jen minimálně neboť se nejsnáze prodýchává. Proces dýchání závisí na teplotě, době klíčení a intenzitě větrání. Posledním zásadním jevem látkových přeměn zrna, který si zmíníme je odbourávání bílkovin. Jak už jsme několikrát zmiňovali, je naším cílem obsah bílkovin v zrně při sladování snížit. U bílkovin se nejedná o proces prodýchání jako u škrobu, nýbrž jsou bílkoviny využívány ke stavebním procesům nových tkání. Snažíme se o převedení vysokomolekulárních nerozpustných bílkovin na rozpustné nízkomolekulární bílkoviny, tedy jejich štěpné produkty. Následkem je celkové snížení množství bílkovin. Během klíčení je asi 35-40 % z celkového obsahu

bílkovin transformováno v rozpustnou formu, jsou tedy vlivem činností peptidas výsledkem aminokyseliny a oligopeptidy. Proteasy rozdělujeme na endoproteasy, které štěpí bílkovinné řetězce zevnitř a exoproteasy, které štěpí konce bílkovinných struktur. Část bílkovin se pak přemísťuje do kořínku, následkem je pokles obsahu bílkovin o 0,3-0,5 % ve sladu oproti ječmeni. ¹

Při procesu klíčení, pro správný výsledek sledujeme následující stádia. Hromada má v každém stádiu jiné podmínky a pro správné finální rozluštění a minimální sladovací ztráty je nutné je dodržovat.

STÁDIA HROMAD

Prvním stádiem je Mokrý hromada – ječmen je čerstvě vymočený na humna nebo do klíčidel. V době do 24 hodin po vymočení se objevuje první zárodečný kořínek. V tomto stádiu je nutné dodávat hromadě dostatečný přísun kyslíku. Nacházíme se ve stádiu Oschlý hromady. Po špicování sladu se objevují další kořínky a projevují se viditelným růstem, hromada intenzivně dýchá a můžeme zaznamenat výrazné okurkové aroma. Ve stádiu Pukavky stále hromada vyžaduje dostatečný přísun vzduchu. Nastupující stádium Mladíka je vůbec nejdůležitější fází procesu klíčení. Hromada intenzivně dýchá a je tedy nutné zachovat uvnitř dostatečné množství oxidu uhličitého, který tento jev omezuje a tím snižuje i sladovací ztráty. V momentě kdy pozorujeme vyrovnávání délky střelky a kořínku mluvíme o stádiu Vyrovnané hromady. V závěru klíčení se intenzita dýchání snižuje, kořínky zavádají. V hromadě stále udržujeme oxid uhličitý, který nám inhibuje růst vegetativních orgánů a tím stále snižuje ztráty z prodýchání. Závěrečné stádium je stádium Staré hromady.

Obecně se při vedení hromad v různých stádiích řídíme obsahem vody v zrně, obsahem kyslíku a oxidu uhličitého v hromadě, teplotou při klíčení a délkou klíčení.

TECHNOLOGIE KLÍČENÍ

Při vedení klíčení tedy uvažujeme chemické složení ječmene, ale i dobu sklizně a odrůdové vlastnosti. Již několikrát jsme zmínili nepříznivé působení dusíkatých látek, ani v této kapitole se jim nevyhneme. Ovlivňují nám totiž zásadně proces klíčení a sladovou výtěžnost. Do ječmene se dusíkaté látky dostávají vlivem nepříznivých klimatických podmínek, častá suchá období. Poté mluvíme o tzv. tvrdších ječmenech, se sklovitým endospermem. Nebo k nárůstu obsahu dusíkatých látek dochází vlivem

nadměrné dusíkaté výživy, potom endosperm není sklovitý, ale slad z něj vyrobený má nízkou hladinu extraktu. Proto je pro nás stěžejní obsah bílkovin. Co se týče složení bere se v potaz i obsah vody, většinou mají ječmeny nižší obsah vody při vymočení, než jaký je optimální, proto se na humnech hromady dokrápějí a obrací, optimální účinnost je 2 % na jedno kropení, při výrobě plzeňského sladu by měl ječmen obsahovat 43-45 % vody.^{1 2} Při výše zmíněném dokrápění je pak možné, pokud vedeme klíčení při stálé teplotě, zkrátit dobu klíčení o jeden den bez ztráty na výtěžku. Ječmeny s vysokým obsahem bílkovin, tedy nad 12 % se zejména v poslední fázi klíčení vedou při vyšších teplotách tj. 18-22 °C.¹ Pokud tedy jde o regulaci teploty, regulujeme ji zejména vidrováním, oráním, či povolením nebo utažením hromady. Na klasických humnech se pak teplota reguluje pomocí studených a teplých tahů vzduchu při přirozené výměně vzduchu. Lépe jsou na tom humna vybavená ventilátory, ta pak i v problematických měsících mohou větráním přes noc ovlivňovat teplotu na humnech. Naopak je tomu na pneumatických humnech, kde je vzduch veden z podlísčí skrz hromadu, takový vzduch má o 2 °C nižší teplotu, než je její požadovaná teplota. Rozdíl mezi spodní a horní vrstvou by neměl přesáhnout 1,5 °C. Pokud bychom se bavili o větrání nepřetržitým, výhodou je minimální kolísání teplot, nižší spotřebovaná kapacita ventilátorů a nižší nárazová spotřeba energie. Je ovšem nutné počítat s vyšší spotřebou vody. Zejména v případech, kdy voda necirkuluje, permanentně provětrávaný ječmen je třeba dokrápět a vzduch sytit potřebnou vlhkostí pro zamezení vysoušení klíčících zrn proudem vzduchu. Pokud větráme nárazově, zvedá se i spotřeba energie a objem najednou spotřebovaného vzduchu, což nám zaručuje větší nároky na kapacitu ventilátorů. Dochází také k většímu vysoušení hromady. Při jejím průchodu se vzduch vlivem většího rozdílu teploty hromady a vzduchu více ohřívá a tím vysouší zrno. Nemluvě o tom, že i samotný rozdíl teploty hromady a vzduchu přispívá k většímu vysoušení. Dalším velkým činitelem při klíčení je obsah oxidu uhličitého, přibližně 6 % jsou ztráty prodychem, ten tlumí obsah oxidu uhličitého. Čerstvé hromady se převracejí a vzdušně vidrují i několikrát denně, ale staré se jen kypří čímž se v nich udržuje oxid uhličitý, který snižuje ztráty prodychem. Na pneumatických sladovadlech je regulace oxidu uhličitého složitější a provádí se mícháním již použitého, vratného vzduchu s čerstvým. Ventilace je ovšem ovlivněna i potřebnou teplotou pro klíčení, a proto pneumatické sladovny obecně produkují slady s nižší výtěžností.

ZÁKLADNÍ METODY KLÍČENÍ

Výše zmíněné principy klíčení musí být součástí všech základních metod, ty je uvažují a uvádí do praxe ve stručném návodu. Dle prekurzorů vlastností každého ječmene je pak na sladovníkovi vybrat metodu s přihlédnutím na technické možnosti, které má k dispozici. V rámci metody se pak snaží dosáhnout co nejlepšího uplatnění základních principů, a to vede k maximální výtěžnosti v určitých podmínkách s určitým typem ječmene.

Klíčení při konstantní teplotě může být vedeno při nízké, střední i vysoké teplotě. Jak již bylo zmíněno nízké teploty se vedou při zpracování prorostlých ječmenů, zatímco vysoké při vedení ječmenů s vysokým obsahem bílkovin.

Klíčení při vzestupné teplotě odpovídá klíčení na klasických humnech a je méně náročné, teplota stoupá o 1 °C za den.¹

Klíčení při sestupné teplotě, je postup, při kterém se od druhého dne klíčení snižuje teplota za současného zvyšování obsahu vody v zrně.

Klíčení při sestupné-vzestupné teplotě je technologie, která při začátku klíčení využívá vyšších teplot pro jeho rychlejší nastartování a v pozdějších stádiích využívá nižších teplot pro minimalizování sladovacích ztrát, například prodychem.

Výše byly zmíněny tři stupně teplot klíčení, nízké, kdy teplota nepřekročí 12 °C, střední v rozmezí 14–18 °C a vysoké nepřesahující 22 °C.^{1 2}

INSTRUMENTALIZACE

Pouze v rychlosti závěrem v kapitole klíčení osvětlíme některé pojmy instrumentalizace. Klasická humna si můžeme představit jako sklepní prostor leckdy i o několika patrech, pokud má okna jsou zatřena modrou barvou eliminující sluneční paprsky. Podlahy jsou z hlazeného betonu či dlaždic, spádované k okrajům protkané sítí kanálků. Pokud jsou sladovny modernizované mají v podlaze zabudované chlazení, což umožňuje jejich větší zatížení a lepší možnost dodržet technologické podmínky klíčení. Mluvíme o sklepních prostorech. Logicky se tady tedy lépe udržuje konstantní teplota a prostory indisponují lepší udržitelnou vlhkostí, takže hromady nemají tendenci osychat v takové míře jako například v pneumatických sladovnách. Nevýhodou humnových sladoven je ovšem velká plocha obestavěného prostoru, velká náročnost na ruční práci a s tím i související nízký výkon na jednoho pracovníka. Obecně je zde i náročnější

dodržovat všechny podmínky klíčení. Co se týče výše zmíněných pneumatických sladoven jedná se o zařízení, která velmi snižují podíl ruční práce zabudovanými obrabeči na kypření a sbírání sladu, o regulaci vzduchu a teploty se pak starají zabudované ventilátory. Výhodou je možnost celoročně vyrábět slad za konstantních podmínek ve větším objemu než na humnových sladovnách, značně ovšem roste spotřeba energie a náročnost technologického vybavení. Vyráběný slad je sice kvalitní, ale dochází k většímu poškození zrna vlivem mechanizace, nižší je i výtěžnost a homogenita sladu. Klíčovidla v této kategorii jsou několika druhů: bubnové, skříňové, šachtové či horizontální.^{1 2}

HVOZDĚNÍ

Presouváme se k závěrečné etapě výroby sladu, hvozdění je proces, při němž převádíme zelený slad do skladovatelné formy a neméně důležitým cílem je dotvoření aromatických a barevných látek, dále zastavujeme procesy luštění zrna. Zelený slad je tedy sušen při teplotě 60 °C a poté dotahován při teplotách od 80 °C do 105 °C podle toho, jaký druh sladu vyrábíme.¹

První fází hvozdění je předsoušení, zejména u světlých typů sladů je zelený slad sušen při teplotách nižší než 55 °C a tuto teplotu nesmí překročit ani vzduchu vstupující do prostoru sušárny. Obsah vody se při této fázi snižuje z původních 40–45 % asi na 10–12 %.¹ Druhou fází je pak fáze dotahování, při níž se zbavujeme i vázané vody, a dotváříme barevné a aromatické látky. Rychlost této fáze je závislá na kvalitě vyrobeného sladu, zejména pak míře rozluštění, která endospermu zajišťuje kyprost a urychluje proces dotahování. Z chemického či biochemického hlediska ovšem můžeme rozlišit další tři fáze, a to fázi růstovou, enzymatickou a chemickou. Při první fázi teploty nepřesahují 40 °C, neboť je v zrně stále velké množství vody, které nárůst teploty zpomaluje. V této fázi je ještě možný růst stříčky a kořínku a stále probíhají lušticí enzymatické reakce. Při fázi enzymatické se teplota pohybuje v rozmezí 40–60 °C a obsah vody klesá asi na 20 %.¹ Růst stříčky i klíčku je již zastaven, ale stále probíhají enzymatické reakce amylolytické, proteolytické a cytolytické. Tedy reakce rozkládající škrob, degradující bílkoviny a reakce aktivující biologickou aktivitu. Poslední fází je pak fáze chemická, kde se při teplotách vyšších než 60 °C tvoří barevné a aromatické látky typické pro vyráběný druh sladu. Obsah vody klesá pod 10 %.¹

Mimo jiných změn, probíhají tedy při hvozdění ve sladu reakce nutné pro vytvoření barevných a aromatických látek nepostradatelných zejména u výroby speciálních druhů sladů. Tyto reakce můžeme rozdělit na reakce karbonylových sloučenin s aminokyselinami a reakce samotných karbonylových sloučenin. Při těchto reakcích hovoříme o reakcích neenzymového hnědnutí. Oba typy těchto reakcí jsou pro nás při výrobě i světlého typu sladu zásadní, reakce probíhají za vyššího obsahu vody a při vyšší teplotě. Rychlost úbytku vody při předsoušení zde ovlivňuje množství nízkomolekulárních látek figurujících při neenzymatickém hnědnutí, čím rychleji se voda odstraní tím méně se tvoří látek. V současné době je nutné při hvozdění trvale hvozdy sítit pro eliminaci spalin v ohřívacím vzduchu, který je na hvozd vháněn. Přechodem na nepřímé ohřevy hvozdů se pak obsah N-nitrosaminů snížil, ty vznikají reakcí aminů s oxidy dusíku. ²

FYZIKÁLNÍ ZMĚNY

Při hvozdění, stejně jako při všech předchozích krocích dochází ke změnám v zrnu, první hlavní jev je pokles obsahu vody. Zrno překvapivě po hvozdění nabývá větších objemů, než by se navzdory poklesu vody očekávalo. Příčinou je správná rozluštěnost endospermu, který získává specifickou kyprost a po vysušení může tento objem nabývat až o 16-23 % větších hodnot.¹ K dosažení tohoto jevu je nutné zvolit správnou teplotu vzduchu vháněného na hvozd, při vysokých teplotách a příliš rychlém zahřátí se zrno scvrkává a vázaná voda se obtížně vysušuje. V krajním případě dostáváme sklovitý slad s vyšším obsahem vody. Vodu rozlišujeme vázanou, nevázanou a kritickou. Nevázanou pak myslíme vodu zachycenou sorpcí na povrchu zrna, taková vlhkost se snadno vysušuje proudem vzduchu. Vázanou myslíme vodu obsaženou v endospermu, jejíž správné vysoušení tedy závisí na teplotě hnaného vzduchu a době sušení. A posledním typem je vlhkost kritická, která se v zrně vyskytuje již jen ve formě kapilární vody, její odstranění nám pak odlišuje průběh sušení z konstantní rychlosti sušení ke zpomalující se rychlosti sušiny. ²

CHEMICKÉ ZMĚNY

Dalšími změnami jsou změny chemické, nás zejména zajímá ovlivnění amylas procesem hvozdění. Podíl α -amylasy během procesu předsoušení vzroste až o 30-50 %, ale vlivem teplot při dotahování její podíl klesá zpět na původní hodnotu v zeleném sladu. Naproti tomu na teplotu citlivější β -amylasa zůstává v konečném sladu ve 40–50% obsahu oproti zelenému sladu. Další nanejvýš důležitou reakcí je tvorba barevných a aromatických

látek, ty vznikají při dotahování sladu pomocí tzv. Maillardových reakcí. Nejprve vznikají reverzibilní bezbarvé sloučeniny, nevratně se pak tvoří barevné a aromatické sloučeniny odlišující se účinností na poli barvicích účinků a aromatu. Termické melanoidy nám vznikají termickým štěpením proteinů a barevné či aromatické dusíkaté látky se tvoří karamelizací při termickém štěpení cukrů. Dále nám vlivem enzymové oxidace vznikají melaniny z polyfenolů a reduktonů.¹

Při výrobě světlého sladu Plzeňského typu se zrno předsouší v teplotách nepřesahujících 60 °C. Působením velkého množství hnaného vzduchu se obsah vody sníží na 10-12 % a slad je dále dotahován při teplotách 80–85 °C.¹

INSTRUMENTALIZACE

Hvozdění tedy probíhá na kovových lískách, jejich rozložení se liší dle jednotlivých typů hvozdů. Lísky jsou důkladně izolovány od okolí, neboť výměny tepla s okolím vlivem nedostatečné izolace představují vyšší energetickou náročnost. Hvozdění zaujímá 90% podíl z celkové energetické náročnosti výroby sladu, je tedy nutné tyto změny omezit na minimum. Hvozdy jsou opatřeny zařízením na nastírání, vyklízení či chlazení. V dnešní době upřednostňované hvozdy s nepřímým ohřevem jsou vybaveny ventilátory pro vhánění ohřívaného vzduchu. To je prováděno v přítomném tepelném výměníku a pro minimalizování nákladů bývá zařazeno zařízení pro vracení teplého vzduchu zpět do procesu, jakýsi reflux na poli hvozdění. Pro regulaci teploty je také nutná přítomnost teplotních čidel.^{1 2}

ODKLIČOVÁNÍ

Je v praxi prováděno pomocí odkličovaček nebo speciálně upravených šneků. V nichž jsou upevněny růžice, které slouží k odlamování sladového květu. Ten pak vypadává perforovaným pláštěm a zbytek je vyfoukáván vzduchem, čímž se zrno zbaví porušených pluh, prachu i zbytků klíčků.¹

TECHNOLOGICKÝ POSTUP RMUTOVÁNÍ

Nelze stanovovat cukernatost sladů, tedy množství redukujících cukrů v surovém sladu. Takový slad obsahuje škrob, ze kterého redukující cukry štěpíme vlivem amylas. Škrob je také nerozpustný a vlivem samotného ohřívání pouze mazovátí. Takovým postupem bychom tedy dostali pouze škrobový maz. Principem rmutování je tedy převedení všech látek do roztoku. Asi 15-17 % extraktu je přímo rozpustných a lze je tak vyloužit pouhým

mícháním. Zbytek je nutno nejprve rozštěpit. V podstatě tedy pokračujeme v tom, co jsme započali již při klíčení. Enzymatická činnost je znovu nastartována rozmícháním ve vodě a dodržením vystírací teploty, která je pro nastartování působení enzymů 37 °C. Naším cílem je převést díky tomu, všechny škrob na jednotky glukózy a správný poměr bílkovin a ostatních látek. Dále se snažíme omezit množství polyfenolů ze sladových pluh. Je tedy nutné při rmutování dbát na dodržování teplot, ty velmi výrazně ovlivňují působení enzymů a ovlivňují tak zásadním způsobem efektivitu rmutování.¹

ŠTĚPENÍ ŠKROBU

Škrob jakožto složitý polysacharid je v základu tvořen glukosami. Dle původu obsahuje 20-25 % amylosy, která je tvořena 60-600 glukosovými jednotkami. Amylosa je rozpustná ve vodě, účinkem β -amylasy je štěpena hlavně na maltosu. Dále škrob obsahuje 75-80 % amylopektinu a ten je také štěpen na maltosu a dextriny ovšem společným účinkem obou amylas. Na rozdíl od amylosy, která obsahuje pouze vazby α -1,4, obsahuje amylopektin na větvených úsecích i vazby α -1,6 a obsahuje cca 3000 glukosových jednotek. Za studena je nerozpustný a po ohřátí mazovatí, zde je tedy nutné rozštěpení pro převedení do roztoku. Abychom ovšem škrob rozštěpili na námi požadovanou maltózu musíme projít třemi stádii: mazovatění, ztekucení a zcukření. První stádium mazovatění nastupuje po zahřátí roztoku, vlivem zvýšené teploty škrobová zrna bobtnají a následně praskají, tím dochází k uvolnění amylosy a amylopektinu do roztoku. Zatímco amylosa se rozpouští amylopektin přechází v koloidní viskózní roztok škrobového mazu. Toto stádium přichází mezi 55-60 °C. Vlivem působení α -amylasy dochází ke štěpení α -1,4-glukosidických vazeb uprostřed jednotlivých řetězců, amylosa je štěpena na oligosacharidy s 6-7 glukosami. A amylopektin na řetězce s 6-13 jednotkami glukosy. Tím rapidně klesá viskozita roztoku a mluvíme o ztekucení. Nicméně stále nejsme u kýženého obsahu redukujících cukrů, k tomu dochází až ve stádiu zcukření vlivem působení β -amylasy. Ta zpracovává štěpy vzniklé při ztekucení a odštěpuje z nich disacharid maltózu. Pokud mají amylosy sudý počet glukózových jednotek jsou rozštěpeny úplně, pokud je počet lichý štěpení končí vznikem molekuly maltotriózy. U amylopektinu je průběh obdobný, ovšem končí na úsecích štěpení vznikem hraničních dextrinů. Vazbu 1,6 pak štěpí hraniční dextrinasa, která končí vznikem zbytků s 2-4 glukosami. Hraniční dextrinasa ovšem vzhledem k inaktivační teplotě 65 °C nemá moc šanci se uplatnit. Stejná situace je i s maltasou, která v začátku při nízkých teplotách štěpí maltosu na dvě glukosy a sacharasa, která štěpí sacharosu na fruktosu a glukosu.^{1 2}

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 pěnovost, trvanlivost i sensoriku piva.

POSTUPY RMUTOVÁNÍ

Při rmutování v technologické praxi volíme mezi různými postupy, tím lze do jisté míry potříit nedostatky způsobené odrůdou či nedostatky sladu vzniklé při jeho výrobě. Každé rmutování začíná tzv. vystírkou. To je rozmíchání šrotovaného sladu ve vodě při teplotě 37 °C, následuje fáze zapařování, kdy vodní párou o teplotě asi 80 °C ohříváme vystírku na 52 °C, zapařování, se ale nepoužívá vždy, nejčastěji u dvou-rmutového postupu. Ať už pára či horká voda cca 95 °C, pokud jí přidáváme do vystírky musíme tak provádět za rychlého míchání, aby nedocházelo k lokálnímu přehřátí a tím k inaktivaci enzymů v tomto místě.¹

Další postup je již ovlivněn zvoleným postupem. Základní rozdělení těchto postupů je na dekokční a infuzní:

INFUZNÍ RMUTOVÁNÍ

Při infuzním postupu se celá vystírka postupně zahřívá až na deaktivální teploty. Zatímco při dekokčním postupu je vždy část rmutu oddělena, ta je samostatně zpracována, povařena a vrácena zpět.

Při infuzním postupu se celá vystírka postupně zahřívá až na deaktivální teploty. Zatímco při dekokčním postupu je vždy část rmutu oddělena, ta je samostatně zpracována, povařena a vrácena zpět.

Infuzní rmutování je nejjednodušším způsobem rmutování. Při teplotě 60 °C se provede vystírka, na této teplotě je provedena prodleva 30-40 minut. Poté se dílo ohřeje párou či horkou vodou při intenzivním míchání, které zabraňuje lokálnímu přehřátí a tím i enzymatické inaktivaci, na 72 °C, kde zařazujeme přestávku 20 minut. Poté zahřejeme na odrmutovací teplotu 76 °C, na níž udržujeme teplotu díla dalších 20 minut. Celkem tedy proces infuzního rmutování není delší než 100 minut. Pokud chceme infuzním rmutováním zpracovávat normálně rozluštěné slady, začínáme na teplotě 50 °C, následný postup je stejný a celková doba rmutování se navýší na 120 minut.¹

Speciálním druhem infuzního rmutování, je rmutování skokem. Vystírá se na 35 °C, poté se zapaří rovnou až na cukrotvornou teplotu 72 °C, kde nastupuje 30minutová prodleva. Dále se dílo párou ohřeje na odrmutovací teplotu. Tento způsob je ovšem vhodný pouze pro výrobu speciálních piv, neboť vlivem přeskočení nižších cukrotvorných teplot zůstává v mladině vysoký podíl dextrinů.¹

DEKOKČNÍ RMUTOVÁNÍ

Po vystření sladové šrotu část vystírky oddělíme, přečerpáním do jiné nádoby, kde jej povaříme a vrátíme zpět do původní vystírky. Povařením části sladu sice inaktivujeme přítomné enzymy, ale dochází k rychlejšímu zmazovatění i v hrubých či méně rozluštěných částech šrotu. Tento roztok, při vrácení k původní vystírce ohřeje dílo na požadovanou teplotu a enzymy v původní vystírce rozštěpí rozpuštěné látky. Oddělený rmut se vaří 10–15 minut. Delší vaření je efektivní pouze u vaření tmavých piv, jinak jde jen o zbytečný energetický výdej. Stejně jako u zapařování vystírky je i u vrácení povařeného rmutu k původní vystírce nutné rmut dobře míchat, aby nedocházelo k lokálnímu přehřátí.¹

JEDNO-RMUTOVÝ DEKOKČNÍ ZPŮSOB

Je způsob nejvíce podobný tomu infuznímu, také je vhodný zejména pro dobře rozluštěné slady. Vystírka se provádí při 50 °C, poté je zařazena 15minutová prodleva. Párou nebo horkou vodou je teplota zvýšena na 62 °C, opět následuje 15minutová přestávka a je odebrán rmut. Ten je zcukřen při vyšší teplotě a následně zahříván k varu, v němž je 15 minut držen. V momentě, kdy za stálého míchání rmut vrátíme k původní vystírce, teplota stoupne na 72 °C, zde je 20minutová pauza a poté je rmut dohříván párou na 76 °C. Doba tohoto způsobu je asi 160 minut.¹

DVOU-RMUTOVÝ DEKOKČNÍ ZPŮSOB

U nás nejpoužívanější rmutovací způsob. Vystírá se při 37 °C, následuje ohřev na 52 °C. První rmut se spouští do rmutovací pánve, kde je ohříván rychlostí jeden stupeň za minutu na 63 °C. Zde je zařazena 10 - 20minutová prodleva, volená dle enzymatické vybavenosti sladu. Po této prodlevě následuje další pozvolné prohřátí na 72-74 °C, při této teplotě dochází ke zcukření obvykle mezi 10-15 minutami. Rmut je poté co nejrychleji přiveden k varu a vařen cca 20 minut. Ve vystírací pánvi mezitím teplota dosahuje na nižší cukrotvorné teploty 62-64 °C. Druhý rmut se povaří asi 15 minut, jeho vrácením do vystírací pánve dosáhneme odrmutovací teploty.¹

TŘÍ-RMUTOVÝ DEKOKČNÍ ZPŮSOB

Je postup vhodný pro velmi špatně rozluštěné slady, nevýhodou je jeho energetická náročnost a v dnešní době, kdy se klade důraz na dobré rozluštěné sladů je tento postup zřídka, kdy využíváný. Vystírka se provádí při 37 °C a vlivem prvního vrácení rmutu stoupá na 50-53 °C. Vrácením druhého rmutu stoupne teplota na 62-65 °C. Třetí rmut se vzhledem k nízké hustotě vaří cca 10 minut po jeho vrácení se dostáváme na odrmutovací teplotu 75-78 °C. ¹

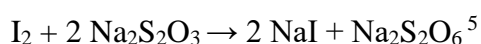
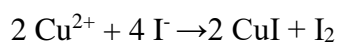
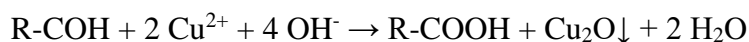
V praktické části rmutování v laboratoři, vycházíme z těchto principů a postupů. Proto je nezbytně nutná jejich znalost pro pozdější pochopení naší činnosti.

TEORIE UŽITÝCH METOD

STANOVENÍ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ DLE SCHOORLA

Sledovaný obsah sacharidů ve sladech budeme zkoumat pomocí Schoorlovoy metody pro stanovení redukujících cukrů.

Princip metody je založen na redukci měďnatých iontů Fehlingova činidla na oxid měďný, okyselením kyselinou sírovou dojde k vyloučení nadbytku měďnatých iontů, které nezreagovaly s redukujícím cukrem. Ty jsou redukovány jodidem draselným také na měďné za vzniku elementárního jódu a těžce rozpustného jodidu měďného, 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 vyhledána v tabulkách a z nich je odečteno množství daného redukujícího cukru. Desetiny mililitrů jsou spočítány interpolací mezi hodnotami pro hranice intervalu. ⁸



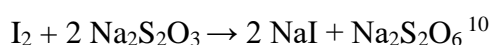
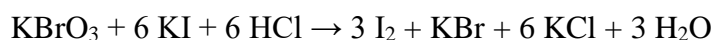
Jedná se o nepřímou zpětnou jodometrickou titraci. Neboť stanovují nadbytek elementárního jódu, který byl vyseparován z přebytku jodidu a měďnatých solí, takže množství nadbytečného jódu je ekvivalentní k doplnění celkového množství měďnatých iontů, které byly do reakce vpraveny Fehlingovým roztokem I. Pokud si toto množství představíme, množství odpovídající obsahu redukujících cukrů bylo zpracováno a

nadbytek sloužil k separaci elementárního jódu. Jód tedy mohlo vzniknout pouze takové množství jako byl nadbytek měďnatých iontů. Musíme ovšem vzít v potaz váhu stechiometrických koeficientů plynoucích z rovnic viz výše.

Poměr mezi vznikající příslušnou kyselinou a měďnatými ionty je 2:1 tedy na jednu molekulu redukujícího cukru je tedy potřeba dvou molekul měďnatých iontů. Z druhé rovnice pak vidíme, že na jednu molekulu chloridu měďného je třeba dvou molekul jódu, poměr je tedy 1:2. A z třetí rovnice odvozujeme množství thiosíranu potřebného na vznik jodidu sodného, tento poměr je dvě molekuly thiosíranu ku jedné molekule jódu. Pak by byl poměr tedy 2:1, tak by se to mohlo zdát, ovšem vzhledem k tomu, že se jedná o jodometrickou metodu, uvažujeme elementární jód, poměr pak tedy bude 1:1.

Vzhledem k citlivosti Schoorlovy metody je třeba přesně dodržovat pracovní postup, a hlavně znát přesnou koncentraci zásobního roztoku thiosíranu sodného, ten budeme stanovovat na bromičnan draselný.

STANOVENÍ FAKTORU THIOSÍRANU SODNÉHO NA BROMIČNAN DRASELNÝ



Z přebytku jodidu draselného vyloučíme bromičnanem draselným jód, ten pak titrujeme stanovovaným thiosíranem sodným, pakliže známe přesnou koncentraci bromičnanu, jeho množství a vezmeme-li v potaz stechiometrické koeficienty z rovnic, snadno pak vypočteme přesnou koncentraci thiosíranu a jeho faktor. Výpočty viz praktická část.

Abychom mohli přistoupit k samotnému stanovování redukujících cukrů ve sladech je nutné si ověřit, zda vybraná metoda opravdu funguje, respektive i to, zda jí provádíme správně. Nám k tomu poslouží referenční roztok glukózy. Ten si připravíme tak, že navážíme přesně navážené a předem spočtené množství glukózy a pomocí odměrné baňky z něj připravíme přesné množství roztoku.

PRAKTICKÁ ČÁST

PŘÍPRAVA NA SAMOTNÉ STANOVENÍ

V následujících krocích si připravíme vše, co budeme potřebovat pro finální stanovování sladů.

Praktickou část bakalářské práce tedy započneme přípravou zásobních roztoků Fehlingu I a II a titračního činidla thiosíranu sodného. Ty byly připraveny standardním způsobem do odměrných baněk o objemu 500 ml pro Fehlingovy roztoky a 1000 ml pro thiosíran sodný. Fehlingy jsou roztoky s přesně daným složením, které bylo zachováno, pro 500 ml Fehlingova roztoku I. Bylo tedy naváženo 34,64 g pentahydrátu síranu měďnatého. Pro Fehling II. bylo naváženo 173 g vinanu sodno-draselného a 120 g hydroxidu sodného. Pro zásobní roztok thiosíranu bylo nutné uvážit, že pro titraci potřebují koncentraci 0,1 mol/dm³. Navážka byla tedy spočítána následujícím způsobem:

$$V_{\text{roztoku}}=1000 \text{ ml} \qquad c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}=0,1 \text{ mol/dm}^3 \qquad M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}=158,21$$

$$m=c \cdot V \cdot M = 1 \cdot 0,1 \cdot 158,21 = \underline{15,821 \text{ g}}$$

K dispozici jsme měli ovšem na místo čistého thiosíranu jeho penta hydrát

$$\frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}} = \frac{158,21}{248,21} = 63,73 \% \text{ thiosíranu sodného v jeho pentahydrátu}$$

$$15,281 \text{ g} \dots\dots\dots 63,73\%$$

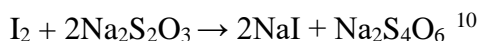
$$\underline{x \text{ g} \dots\dots\dots 100\%}$$

$$\underline{x = 24,825 \text{ g Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}$$

Takto spočtenou navážku jsme tedy kvantitativně převedli do odměrné baňky, stejně jako u všech předešlých roztoků a rozpustili jí v menším obsahu destilované vody, po rozpuštění valné části pevné navážky jsme baňku doplnili destilovanou vodou po rysku a roztoky byly řádně promíchány.

Roztoky je nutné nechat ustálit, po týdnu můžeme přejít ke stanovení přesné koncentrace a faktoru roztoku thiosíranu sodného. To bylo provedeno následovně:

Stanovení faktoru thiosíranu sodného na bromičnan draselný



Postup práce: Do titrační baňky jsme odvážili 2 g čistého KI, přidali jsme 25 ml zředěné kyseliny sírové (1:4), v níž jsem zmíněný jodid rozpustili. Do této směsi jsme odpipetovali 25 ml předem připraveného zásobního roztoku bromičnanu draselného o předem spočítané koncentraci, viz výpočty. Obsah baňky jsme zamíchali, přikryli hodinovým sklem a nechali pět minut stát ve stole ve tmě. Po vynětí ze stolu jsme baňku odkryli a hodinové sklo spláchli několika kapkami destilované vody. Roztok jsme dále doplnili destilovanou vodou asi na 200 ml. Vzhledem k těkavosti jódu jsme pro tento účel použili vodu ledovou. S předem připravené naplněné byrety, která byla vypláchnuta roztokem thiosíranu před vlastním plněním jsme pak titrovali roztok bromičnanu. Jakmile nám roztok z červeno hnědého zbarvení přešel do spíše tmavě žlutého, přidali jsme k němu 5 ml škrobového mazu, v reakci s nezreagovaným jódem nám roztok zmodral, až do odbarvení tohoto zbarvení jsme roztok dále titrovali thiosíranem sodným. Tato titrace byla provedena pětkrát, a poté jsme vypočítali koncentraci a faktor zkoušeného roztoku thiosíranu sodného.

Výpočty:

Výpočet koncentrace $KBrO_3$:

Při tomto výpočtu jsme uvažovali, že budeme chtít spotřebu thiosíranu sodného 12 ml. A jeho koncentrace by měla být $0,1 \text{ mol/dm}^3$. Objem bromičnanu draselného je pak do titrační baňky pipetovaných 25 ml.

$$c_{Na_2S_2O_3} = 0,1 \text{ mol/dm}^3 \qquad c_{KBrO_3} = ?$$

$$V_{Na_2S_2O_3} = 12 \text{ ml} \qquad V_{KBrO_3} = 25 \text{ ml}$$

$$1 * c_{Na_2S_2O_3} * V_{Na_2S_2O_3} = 6 * c_{KBrO_3} * V_{KBrO_3} \rightarrow c_{KBrO_3} = \frac{c_{Na_2S_2O_3} * V_{Na_2S_2O_3}}{6 * V_{KBrO_3}}$$

$$c_{KBrO_3} = \frac{c_{Na_2S_2O_3} * V_{Na_2S_2O_3}}{6 * V_{KBrO_3}} = \frac{0,1 * 12}{6 * 25} = 0,008 \text{ mol/dm}^3$$

Spotřebované množství thiosíranu při jednotlivých titracích

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	11,7	11,8	11,7	11,6	11,8

Průměrná spotřeba odvozená od spotřeb při titracích:

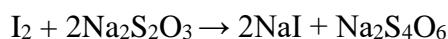
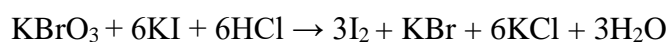
$$\bar{x} = \frac{\Sigma \text{spotřeba}}{\text{počet spotřeb}} = \frac{11,7+11,8+11,7+11,6+11,8}{5} = 11,72 \text{ ml}$$

Stanovení faktoru thiosíranu sodného

$$C_{\text{předpokládaná}} (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ mol/l}$$

$$V (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 12 \text{ ml} = 0,012 \text{ l}$$

$$n (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c * V = 0,0012 \text{ mol}$$



$$n(\text{KBrO}_3) : n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \rightarrow 1 : 6$$

$$n (\text{KBrO}_3) = 1/6 * n (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1/6 * 0,0012$$

$$m (\text{KBrO}_3) = 1/6 * 0,0012 * M (\text{KBrO}_3) = 1/6 * 0,0012 * 167,00 = 0,0334 \text{ g bromičnanu draselného}$$

$$0,0334 \text{ KBrO}_3 \text{ g} \dots\dots\dots 12 \text{ ml}$$

$$\underline{0,03342 \text{ g KBrO}_3 \text{ (navážený)} \dots\dots\dots x \text{ ml}}$$

$$\underline{x = 12,0072 \text{ ml}}$$

V_T = teoretický objem spotřebovaný při titraci

V_S = skutečný objem spotřebovaný při titraci

$$f_1 = V_T / V_S = 12,0072 / 11,7 = 1,0263$$

$$f_2 = V_T / V_S = 12,0072 / 11,8 = 1,0176$$

$$f_3 = V_T / V_S = 12,0072 / 11,7 = 1,0263$$

$$f_4 = V_T / V_S = 12,0072 / 11,6 = 1,0351$$

$$f_5 = V_T / V_S = 12,0072 / 11,8 = 1,0176$$

průměr $f_1 - f_5 = 1,0246$

$$c = f \cdot c = 1,0246 \cdot 0,1 = \mathbf{0,1025 \text{ mol/dm}^3}$$

Přesná koncentrace thiosíranu, který budeme používat je tedy $0,1025 \text{ mol/dm}^3$

Dále jsme si připravili roztok glukózy, na kterém budeme zkoušet přesnost a citlivost Schoorlovy metody.

Příprava roztoku glukózy:

Postup práce: do odměrné baňky na 250 ml jsme vpravili přesně zvážené množství glukózy a rozpustili jí v destilované vodě, baňku jsme pak pomocí stříčky doplnili destilovanou vodou po rysku.

Výpočet:

Pro výpočet navážky glukózy jsme uvažovali, že chceme, aby spotřeba thiosíranu byla asi 12 ml a vzorku glukózy budu do titrační baňky pipetovat 10 ml.

$$V_{Na_2S_2O_3} = 12 \text{ ml}$$

$$c_{Na_2S_2O_3} = 0,1025 \text{ mol/dm}^3$$

$$m_{glu} = ?$$

$$m_{glu} = c_{Na_2S_2O_3} \cdot V_{Na_2S_2O_3} \cdot M_{glu} \cdot F_t = 0,1 \cdot 0,012 \cdot 180,159 \cdot \frac{1}{2} = \mathbf{0,108g/v10ml}$$

$$0,108g/10ml \rightarrow 10,8g / l \rightarrow 2,7 \text{ g glukózy na 250 ml}$$

Poté co jsme si připravili roztok glukózy bylo nutné si před samotným stanovením připravit ještě poslední roztok a sice škrobový maz. Ten byl připravován následovně.

Příprava škrobového mazu

Postup práce: navážku laboratorního škrobu jsme rozetřeli v trošce studené vody a následně rozpustili ve vodě teplé, zahřívání jsme do rozpuštění a prvních známek varu a poté nechali vychladnout. Pro konzervování roztoku byla přidána troška jodidu rtuťnatého.

VÝROBA SLADU V LABORATOŘI

Pro naše stanovení budeme vyrábět tři slady, všechny za stejné teploty, přístupu vzduchu a délkou klíčení i máčení. Jeden slad bude vyráběn z ječmene krmného, druhý z ječmene sladovnického a třetí z ječmene sladovnického, ale do máčecí vody bude přidána sůl.

Z každého vzorku ječmene, bylo odváženo 150 gramů k výrobě sladu. Ječmen byl na sítu otřepán z prachových nečistot a malých částí a nahrubo očištěn od velkých mechanických nečistot. To bylo provedeno sensorickým zhodnocením a následným manuálním selektováním nečistot ze vzorku. Vzhledem k čistotě ječmene jsem zvolila máčení s jednou máčecí vodou. Více máčecích vod by bylo nutné při velkém znečištění ječmene, vzhledem k tomu, že mnou dostupný ječmen byl čistý nebylo nutné vodu měnit. Máčení probíhalo dle následujícího schématu máčení a vzdušných přestávek. Slady bohužel nebylo možné vyrábět všechny na jednu z hlediska kapacity improvizované klíčící skříně. I vzhledem k tomu, jsme se tedy snažili co nejvíce eliminovat možné odchylky od jednotlivých výrob. Každé máčení tedy začínalo ve čtvrtek ráno a končilo v pátek odpoledne. Vzhledem k pevnému rozvrhu používané laboratoře, byly tedy teplotní výkyvy, které by mohly vznikat během běžného chodu laboratoře eliminovány na minimum. Tím myslíme například situaci kdy, při laboratorním cvičení bude mít osm studentů čtyři hodiny puštěný kahan, teplota v laboratoři poměrně rapidně vzroste. Rozhodli jsme se sice pro klíčení v improvizované skříně vyrobené z polystyrenu, tedy dobře izolující ječmen od vnějších vlivů, ovšem zvýšená teplota by ovlivňovala již výsledky máčení. Vyšší teploty by mohli vzhledem k potřebě nabytí rovnovážného stavu soustavy voda v umyvadle/laboratoř ovlivnit rychlost klíčení, časový průběh je tak dlouhý, že je třeba i toto brát v potaz. Nemluvě o tom, že zvýšená teplota by mohla zvyšovat podíl prodýchaných hodnot a urychlovat klíčení.

MÁČENÍ



Obrázek 2 Máčení ječmene

Schéma máčení tedy bylo: šest hodin pod vodou – tři hodiny vzdušné přestávky – dvanáct hodin pod vodou – čtyři hodiny vzdušné přestávky – šest hodin pod vodou. Tyto časy byly taky stanovovány primárně z časových možností zahrnujících otevírací dobu budovy, v níž je laboratoř umístěná a sekundárně vychází z definice, že s narůstajícím časem máčení se absorpce

vody zrnem snižuje. Tedy první máčení na šest hodin je jakýmsi předmočením, poté je zařazena vzdušná přestávka, aby zrno mohlo nabrat vzduch na nejdelší dvanácti hodinový úsek pod vodou, při němž se výměna rapidně snižuje a je tedy zrno pod vodou necháno déle. Druhá dlouhá vzdušná přestávka pak slouží k dalšímu nadýchání ječmene a poslední šesti hodinové máčení slouží k závěrečnému domočení zrna. Poté co bylo zrno máčeno dvacet čtyři hodin pod vodou a prošlo sedmi hodinami vzdušných přestávek se nám u sladovnického ječmene při standartním postupu již objevovaly střelky. Ty byly patrné i u ječmene krmného, ovšem poukazovaly na nerovnoměrnost příjmu vody v zrně, neboť nebyly patrné tak napříč vzorkem zrna jako u ječmene sladovnického. Skvěle patrné byly i u sladovnického ječmene máčeného ve fyziologickém roztoku tedy při koncentraci 0,9 % v deseti litrech vody. Oproti tomu koncentrace 2 % zrno zabila, po vymočení nebyl patrný žádný ze znaků začínajícího klíčení.

Dle zveřejněné zprávy Plzeňské Vodárny a.s. pro leden 2018, byla tvrdost vody 1,4 mmol/l. Jak jsme se tedy dozvěděli v teoretické části, tato voda je s ohledem na stanovenou hranici vhodná ke sladování. ⁶

KLÍČENÍ

Ječmen byl tedy v každém případě vymočen do klíčící skříně. Ta byla tvořena polystyrenovým boxem se zavedenou teplotní sondou v prostoru boxu. Před každým otevřením se tak dala zkontrolovat teplota, ta se u všech sladů pohybovala od 22 °C při



Obrázek 3 Ječmen vymočený na průduších jalového dna

vymočení vlivem vysokého prodechu a rychlých reakcí po 19 °C při konci klíčení, kdy byla vlhkost znatelně nižší, neboť slad nebyl dokrápěn a enzymatické pochody již ustávaly. Tím se snižoval i prodech, který nejvíc otepluje hromadu, proto v konečných fázích panovaly nižší teploty. V naší improvizované skříně bylo na podstavci umístěné jalové dno. Dno bylo z plastového nenasákavého materiálu opatřeno třemi dlouhými průřezy o šířce asi půl milimetru, čímž byl zajištěn přístup vzduchu ze spodu pod hromadu. Ječmen byl tedy

vymočen do třech brázd ležících na zmiňovaných průduších a v uzavřené skříně ponechán od odpoledních pátečních hodin do pondělních ranních hodin. V prvních dvou dnech byla tedy hromada ponechána nevidrována, což může nepříznivě ovlivnit výsledný obsah cukru. V prvních dvou dnech má být totiž přísun vzduchu nejintenzivnější.



Obrázek 4: klíčící box se zavedenou teplotní sondou

I v tomto případě byl náš postup omezen, praktickými možnostmi chodu laboratoře. Ovšem možný pomalejší nástup klíčení u nás kompenzovala vysoká teplota klíčení a poměrně dlouhá doba klíčení. Zrno bylo na klíčidle ponecháno až do čtvrtka, tedy šest dní, což je poměrně dlouhá doba na proces klíčení. Při normálních sladovacích podmínkách by mohlo hrozit, že dojde ke zbytečným ztrátám vlivem biologických pochodů. My jsme ovšem kalkulovali s ne úplně ideálními podmínkami pro klíčení a dobu šesti dní jsme stanovili na prvním sladu na základě sensorického posouzení. Zmizelo typické okurkové

aroma, hromada byla již oschlá až ovaďlá a další prodlužování by mělo jen negativní efekt, naproti tomu kratší dobu bychom nestanovili vzhledem ke stále se měnícímu stavu hromady, ten se dle našeho úsudku ustálil až šestý den, kdy bylo klíčení zastaveno. Šest dní bylo tedy, stanoveno pro všechny slady, bychom zachovali kontrolní podmínky pro pozdější sledování cukernatosti u různých typů sladů. Hromada byla tedy od třetího dne jednou denně přehozena, a tím provzdušněna. V pozdějších stádiích sladování se již v technologicky přesných procesech snažíme přístupu vzduchu do hromady zamezit, ovšem v těchto případech mluvíme o velkých sladovacích prostorech s permanentně se hýbajícím vzduchem. Vzhledem k tomu, že naše skříň byla téměř dokonale izolovaná, jednou denně byla hromada převrácena jednak proto, aby se vlivem vyšší vlhkosti, než je na normálních humnech nezapařila. A potom také, abychom naopak zrno zbytečně nedusili v prodýchané atmosféře naší skříň. Šestý den klíčení byl tedy započat proces hvozďení.



Obrázek 5 Převidrovaná hromada

HVOZDĚNÍ

Vzhledem k tomu, že jsme nedisponovali žádným hvozdem, i v tomto případě, jako ostatně ve všech jsme museli improvizovat. Hvozď nám nahradila sušárna. Sušárna ovšem nedisponuje takovým větracím zařízením jako technologicky využívané hvozdy. Abychom tedy předešli zapaření vlhkého sladu v málo provzdušněné sušárně zařadili jsme fázi předsoušení. Tato fáze byla realizována na volném vzduchu. Slad byl rozprostřen v laboratoři na filtračním papíře a sušen zhruba při teplotě 22 °C. Na vzduchu bylo zrno sušeno zhruba 3 hodiny, do vymizení volné vlhkosti. Poté jsme zrno přendali do sušárny s maximální teplotou 60 °C. při této teplotě bylo zrno sušeno další dvě hodiny do křehkého stavu. Zrno vykazovalo charakteristický šustivý křehčenný zvuk při promnutí v ruce. Senzorickým posouzením byla patrná změna v podílu aromatických látek, a zrno vykazovalo typicky nasládlou chuť. Takto hvozďený slad byl stanoven a zbytek, tedy asi 100 gramů byl ještě dotažen při maximální teplotě 80 °C.

Celý tento postup výroby sladu, byl generalizován pro všechny vyráběné slady, aby bylo možné posoudit vliv použitého ječmene a případné přísady v máčecí vodě na cukernatost.

Výroba sladu s přísadou soli v máčecí vodě

Do práce, jsme zařadili výrobu sladu se změnou v procesu máčení, neboť jsme v průběhu studia narazili při laboratorních z biochemie na fakt, že přísada chloridu sodného urychluje enzymatické procesy α -amylasy při štěpení škrobu.⁵ Tento princip jsme tedy aplikovali na sladovnický ječmen. Ostatní aspekty výroby sladu byly bezpodmínečně stejné jako u všech předchozích výrob. Ovšem do máčecí vody bylo při prvním pokusu přidáno 200 g soli na 10 litrů, což vzhledem k příliš vysoké koncentraci soli vedlo k dokonalému usmrcení zrna. To bylo po dvou dnech klíčení, kdy se neprojeví žádné změny indikující probíhající klíčení z klíčidel vyhozeno a pokus byl ukončen. Při druhém pokusu byla užita koncentrace 0,9 % což je tedy hodnota určená pro fyziologický roztok. Tato koncentrace byla stanovena s předpokladem biogenosti enzymu. Při této koncentraci zrno vykazovalo neobvyklou aktivitu. Již při vymáčení byly jasné patrné střelky napříč celým vzorkem a v třetím dni klíčení dosahovaly kořínky minimálně poloviny délky zrna.

RMUTOVÁNÍ V LABORATOŘI

Rmutovací postup vycházel z návodu pro určení sladového extraktu. Ovšem opět z hlediska jak možností technického vybavení, tak přiblížení se reálnému pivovarskému postupu bylo provedeno s některými odchylkami. Dle návodu mělo být 50 gramů sladové moučky, vystřeno při



Obrázek 6 Rmutovací lázeň použitá při laboratorním rmutování

45 °C do 200 ml destilované vody. Poté měla být zařazena 30minutová prodleva a

teplota se měla rychlostí 1 °C/minutu zvedat až na 70 °C. Na této cukrotvorné teplotě se dílo mělo udržovat přesně 1 hodinu za stálého míchání. Celý postup měl probíhat ve rmutovací lázni.⁴ Vzhledem k absenci rmutovací lázně, bylo rmutování prováděno ve vodní lázni za použití kovového rendlíku dobře a rovnoměrně distribuujícího teplo, teploměru coby kontrolní sondy a skleněné tyčinky coby míchadla na manuální pohon. Pokud se zamyslíme nad udaným postupem lehce to připomíná infuzní rmutování. My jsme ovšem místo 50 gramů sladové moučky, která se reálně čistá v pivovaru nepoužívá jednak z hlediska ekonomického tak z hlediska praktického. Protože sladová moučka by zalepovala jalové dno scezovací kádě a stékání mladiny by bylo v reálném čase neproveditelné. My jsme tedy použily 50 gramů jemně šrotovaného sladu, k čemuž nám posloužila třecí miska. Rmuty po vystření vykazovaly typickou vůni a barvu, u prvních sladů vedených do 60 °C byly tyto aromatické vlastnosti slabší, ale charakteristické. Zatímco u sladu průmyslově vyrobeného, spolu se slady dotaženými při teplotách do 80 °C byly aromatické vlastnosti nejen charakteristické, ale i výraznější. Zejména barva byla výrazně plnější a sladina vykazovala mnohem větší jiskrnost. Poté co jsme vystřeli, jsme tedy rmutovali při 45 °C přesně 30 minut, a dále jsme zvyšovali teplotu manuálně udanou rychlostí během 25 minut na 70 °C. Na této teplotě jsme rmutovali další hodinu a poté jsme sladinu nechali dvacet minut volně zchladnout a filtrovali na skládaném filtru. Po zfiltrování byl odebrán vzorek deseti mililitrů, který jsme vpravili do odměrné baňky na 200 ml a doplnili destilovanou vodou. Takto připravený vzorek sladiny budeme stanovovat metodou redukujících cukrů dle Schoorla. Všechny slady, byly rmutovány stejným způsobem a za stejných podmínek, aby výsledky byly porovnatelné a závěry relevantní.

STANOVENÍ JEDNOTLIVÝCH SLADŮ POMOCÍ SCHOORLOVY METODY STANOVENÍ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ

ZÁKLADNÍ POSTUP PRÁCE

Z připraveného vzorku sladiny, jsme odpipetovali 10 ml vzorku do titrační baňky s varným kamínkem. K vzorku jsme přidali po 10 ml roztoku Fehlingu I a Fehlingu II. Směs těchto tří roztoků jsme přivedli k varu a nechali dvě minuty povařit. V hrdle titrační baňky jsme měli coby zátku vloženou mikro nálevku. Po uplynutí dvou minut ve varu jsme baňku ochladili pod tekoucí vodou na laboratorní teplotu. Mikro nálevku jsme z hrdla vyňali a spláchli malým množstvím destilované vody. Do baňky jsme přidali roztok KI, vzniklý rozmícháním 3 gramů KI v cca 10 ml destilované vody. Dále jsme pipetovali 10 ml H_2SO_4 a obsah baňky jsme titrovali roztokem $Na_2S_2O_3$ do zesvětlení okrového zbarvení, jakmile se začaly objevovat náznaky žlutého zbarvení, k roztoku jsme přidali 5 ml škrobového mazu. Roztok jsme titrovali do odbarvení škrobového mazu. Po úplném a nevratném vymizení modrého zbarvení jsme odečetli spotřebu titračního činidla a provedli výpočet.⁹

HODNOTY A VÝPOČTY

SLAD PRŮMYSLOVĚ VYROBENÝ

Tabulka 3 Výsledky titrací – slad průmyslově vyrobený

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	16,8	16,7	16,8	16,8	16,7

Průměrná spotřeba: 16,76 ml $Na_2S_2O_3$

Výpočet obsahu maltosy:

Pro přepočet spotřeby thiosíranu na obsah maltosy ve vzorku byly využity tabulky spotřeb $Na_2S_2O_3$ o $c = 0,1$ mol/dm pro Schoorlovu metodu.

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

Slepý pokus 25,8 → $25,8 - 16,76 = 9,04$ ml

Dle tabulek:

1 ml spotřeby → 3,9 mg maltosy

9 ml spotřeby → 35,5 mg maltosy

10 ml spotřeby → 39,5 mg maltosy

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.

1 ml 3,9 mg

0,04 ml x → $x = \frac{0,04 \cdot 3,9}{1} = 0,156 \text{ mg}$

Získanou hodnotu jednoduše přičteme, k naměřeným 16 ml a tak získáme obsah maltosy v 10 ml vzorku sladiny se zředěvacím faktorem 10/200, tedy v 0,05 ml původní sladiny.

Celkový obsah maltosy:

9,04 ml sp odpovídá $35,5 + 0,156 = 35,656$ mg maltosy v 10 ml vzorku

35,656 mg maltosy v 0,05 ml sladiny → $0,035656 \text{ g maltosy}/0,05 \text{ ml sladiny}$ →

$0,071312 \text{ g maltosy}/1 \text{ ml sladiny}$ → $71,312 \text{ g maltosy}/1 \text{ litr sladiny}$.

V litru sladiny jsme tedy zjistili obsah 71,312 gramů maltosy.

SLAD VYROBENÝ Z KRMNÉHO JEČMENE – PŘED DOTAŽENÍM

Tabulka 4 Výsledky titrací – slad vyrobený z krmného ječmene před dotažením

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	16,9	16,8	16,9	16,9	16,9

Průměrná spotřeba: 16,88 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Výpočet obsahu maltosy:

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

Slepý pokus 25,8 → $25,8 - 16,88 = 8,92 \text{ ml}$

Dle tabulek, obsah maltosy závislý na spotřebě thiosíranu sodného

1 ml spotřeby → 3,9 mg maltosy

8 ml spotřeby → 31,5 mg maltosy

9 ml spotřeby → 35,5 mg maltosy

Interpolační výpočet:

1 ml 3,9 mg

0,92 ml x → $x = \frac{0,92 \cdot 3,9}{1} = 3,588 \text{ mg}$

Celkový obsah maltosy:

8,92 ml sp. odpovídá $31,5 + 3,588 = 35,088$ mg maltosy v 10 ml vzorku

35,088 mg maltosy v 0,05 ml sladiny → $0,035088 \text{ g} / 0,05 \text{ ml}$ sladiny →

$0,070176 \text{ g} / 1 \text{ ml}$ sladiny → $70,176 \text{ g}$ maltosy/ 1 litr sladiny.

V litru sladiny jsme tedy zjistili obsah 70,176 gramů maltosy.

SLAD VYROBENÝ Z KRMNÉHO JEČMENE – PO DOTAŽENÍ.

Tabulka 5 Výsledky titrací- slad vyráběný z krmného ječmene po dotažení

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	17,0	17,0	17,1	17,0	17,1

Průměrná spotřeba: 17,04 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Výpočet obsahu maltosy:

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

Slepý pokus 25,8 → $25,8 - 17,04 = 8,76 \text{ ml}$

Dle tabulek, obsah maltosy závislý na spotřebě thiosíranu sodného

1 ml spotřeby → 3,9 mg maltosy

8 ml spotřeby → 31,5 mg maltosy

9 ml spotřeby → 35,5 mg maltosy

Interpolační výpočet:

1 ml 3,9 mg

$$0,76 \text{ ml} \dots\dots\dots x \quad \rightarrow \quad x = \frac{0,76 \cdot 3,9}{1} = 2,964 \text{ mg}$$

Celkový obsah maltosy:

8,76 ml sp. odpovídá $31,5 + 2,964 = 34,464$ mg maltosy v 10 ml vzorku

34,464 mg maltosy v 0,05 ml sladiny $\rightarrow 0,034464$ g/ 0,05 ml sladiny \rightarrow

0,068928 g/ 1 ml sladiny $\rightarrow 68,928$ g maltosy/ 1 litr sladiny.

V litru sladiny jsme tedy zjistili obsah 68,928 gramů maltosy.

SLAD VYROBENÝ ZE SLADOVNICKÉHO JEČMENE – PŘED DOTAŽENÍM

Tabulka 6 Výsledky titrací-slád vyrobený ze sladovníckého ječmene před dotažením

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	14,7	14,7	14,6	14,7	14,7

Průměrná spotřeba: 14,68 ml Na₂S₂O₃

Výpočet obsahu maltosy:

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

Slepý pokus 25,8 $\rightarrow 25,8 - 14,68 = 11,12$ ml

Dle tabulek, obsah maltosy závislý na spotřebě thiosíranu sodného

1 ml spotřeby $\rightarrow 3,9$ mg maltosy

11 ml spotřeby $\rightarrow 43,5$ mg maltosy

12 ml spotřeby $\rightarrow 47,5$ mg maltosy

Interpolační výpočet:

1 ml 3,9 mg

$$0,12 \text{ ml} \dots\dots\dots x \quad \rightarrow \quad x = \frac{0,12 \cdot 3,9}{1} = 0,468 \text{ mg}$$

Celkový obsah maltosy:

11,12 ml sp. odpovídá $43,5 + 0,468 = 43,968$ mg maltosy v 10 ml vzorku

43,968 mg maltosy v 0,05 ml sladiny $\rightarrow 0,043968$ g/ 0,05 ml sladiny \rightarrow

0,087936 g/ 1 ml sladiny $\rightarrow 87,936$ g maltosy/ 1 litr sladiny.

V litru sladiny jsme tedy zjistili obsah 87,936 gramů maltosy.

SLAD VYROBENÝ ZE SLADOVNICKÉHO JEČMENE – PO DOTAŽENÍ

Tabulka 7 Výsledky titrací-slád vyrobený ze sladovnického ječmene po dotažení

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	16,8	16,8	16,7	16,8	16,7

Průměrná spotřeba: 16,76 ml Na₂S₂O₃

Výpočet obsahu maltosy:

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

Slepý pokus 25,8 → 25,8 – 16,76 = 9,04 ml

Dle tabulek, obsah maltosy závislý na spotřebě thiosíranu sodného

1 ml spotřeby → 3,9 mg maltosy

9 ml spotřeby → 35,5 mg maltosy

10 ml spotřeby → 39,5 mg maltosy

Interpolační výpočet:

1 ml 3,9 mg

0,04 ml x → $x = \frac{0,04 \cdot 3,9}{1} = 0,156 \text{ mg}$

Celkový obsah maltosy:

9,04 ml sp. odpovídá 35,5 + 0,156 = 35,656 mg maltosy v 10 ml vzorku

35,656 mg maltosy v 0,05 ml sladiny → 0,035656 g/ 0,05 ml sladiny →

0,071312 g/ 1 ml sladiny → 71,312 g maltosy/ 1 litr sladiny.

V litru sladiny jsme tedy zjistili obsah 71,312 gramů maltosy.

SLAD VYROBENÝ ZE SLADOVNICKÉHO JEČMENE, MÁČENÝ VE FYZIOLOGICKÉM ROZTOKU

Tabulka 8 Výsledky titrací- slád vyrobený ze sladovnického ječmene máčený ve fyz. roz.

Titrace	1	2	3	4	5
Spotřeba[ml]	18,2	18,1	18,2	18,2	18,1

Průměrná spotřeba: 18,16 ml Na₂S₂O₃

Výpočet obsahu maltosy:

Spotřebu thiosíranu odečteme od slepého pokusu:

Slepý pokus 25,8 → 25,8 – 18,16 = 7,64 ml

Dle tabulek, obsah maltosy závislý na spotřebě thiosíranu sodného:

1 ml spotřeby → 3,9 mg maltosy

7 ml spotřeby → 27,5 mg maltosy

8 ml spotřeby → 31,5 mg maltosy

Interpolační výpočet:

1 ml 3,9 mg

0,64 ml x → $x = \frac{0,64 \cdot 3,9}{1} = 2,496 \text{ mg}$

Celkový obsah maltosy:

7,64 ml sp. odpovídá $27,5 + 2,496 = 29,996$ mg maltosy v 10 ml vzorku

29,996 mg maltosy v 0,05 ml sladiny → $0,029996 \text{ g} / 0,05 \text{ ml sladiny}$ →

$0,059992 \text{ g} / 1 \text{ ml sladiny}$ → $59,992 \text{ g maltosy} / 1 \text{ liter sladiny}$.

V litru sladiny jsme tedy zjistili obsah 59,992 gramů maltosy.

ZHODNOCENÍ HODNOT NAMĚŘENÝCH V JEDNOTLIVÝCH STANOVENÍCH

Již při výrobě sladu jsme se snažili optimalizovat proces k co největší výtěžnosti, proto bylo zařazeno stanovení před dotažením při 80°C. Jak jsme již zmínili v teoretické části, dotahování nám snižuje obsah β -amylosy asi o polovinu.² Ta nám ovšem hraje nezastupitelnou roli při zcukřování roztoku, což jak nám prokázalo dvojí stanovení před a po dotahování nám hraje významnou roli v konečném obsahu redukujících cukrů v případě sladu stěžejní maltosy. Pokud se podíváme na vzorek sladu vyrobeného ze sladovnického ječmene, v němž je nejmenší šance na ovlivnění postupu špatnými vlastnostmi sladu. Můžeme pozorovat markantní rozdíl, v obsahu maltosy po a před dotažením při 80 °C. Vzorek sladu z ječmene krmného není pro toto stanovení vhodným ukazatelem, průběh výroby sladu zde nebyl ideální, dlouhým klíčením se podařilo dosáhnout téměř optimálních hodnot, ale vzhledem ke špatným vlastnostem ječmene nebyly hodnoty před dotažením tak vysoké, aby se dotažením výsledek výrazně změnil.

Jako referenční hodnotu budeme brát obsah maltosy v průmyslově vyrobeném sladu. Což je tedy $71,312 \text{ g maltosy} / 1 \text{ liter sladiny}$. Pro nás tedy referenční hodnota 100% výtěžnosti při výrobě sladu.

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ SLADU Z KRMNÉHO JEČMENE PŘED A PO DOTAŽENÍ

Vlastnosti ječmene krmného nebyly ideální což, jsme již několikrát zmínili. Ječmen byl nerovnoměrné velikosti, zrna byla poškozená čímž docházelo k poškozování endospermu, a tedy ke ztrátám, jak na množství škrobu, tak k možnostem správného rozluštění endospermu a tím většího vývoje příslušných enzymů. Obsah maltosy před dotažením byl oproti sladu ze sladovnického ječmene výrazně nižší, konkrétně při hodnotě 70,176 g maltosy/1 litr sladiny před dotažením rozdíl činil asi 20 %. Oproti tomu rozdíl obsahu maltosy před a po dotažení činil při hodnotě 68,928 g maltosy/1 litr sladiny pouhá necelá 2 %.

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ SLADU ZE SLADOVNICKÉHO JEČMENE PŘED A PO DOTAŽENÍ

Ve sladu vyrobeném ze sladovnického ječmene před dotažením bylo stanoveno 87,936 g maltosy/1 litr sladiny. Pro představu tedy jsme slad ze sladovnického ječmene vyrobili se zhruba 123% úspěšností. Po dotažení sladu, a tedy po poklesu β -amylosy úspěšnost klesla při stanovených 71,312 g maltosy/1 litr sladiny na 100% úspěšnost. Z logiky věci jsme si tedy snížili výsledný obsah maltosy o 23 %. Dotažením se výrazně zlepšily sensorické vlastnosti sladu nutné pro výsledné sensorické vlastnosti piva. Ovšem v krajní nouzi, či při vaření speciálních či dochucovaných piv by stálo za pokus vyzkoušet využití nedotažených sladů při výrobě piva za účelem zvýšení stupně prokvašení. Pro vyšší cukernatost mladiny by se tak místo cukrového kuléru či jiných škrobnatých či cukerných surogátů dalo využít nedotažené sladu zařazeného již od začátku výroby například u ovocných piv belgického typu, které by měly ležet na ovoci z čehož mají přebírat sensorické vlastnosti. Je možné, že právě pro tento typ piv by bylo snížení sensorických vlastností sladu pozitivní pro vyniknutí ovocných chutí. Charakteristické chutě a vůně pro výrobu sladu zůstávají ovšem v mírnější formě. V některých provozech je pro zvýšení cukernatosti mladiny používán naklíčený ječmen, ten ale postrádá ony specifické aromatické i chuťové vlastnosti. Nedotažený slad se tak jeví jako ideální kompromis. Dále by se systém nedotažených sladů mohl uplatnit při zpracování ječmene s neideálními vlastnostmi, výsledné nízké rozluštění potažmo obsah maltosy, by se dal potřit absencí dotahování, větší obsah β -amylosy, by tak mohl eliminovat negativní vliv na minimum.

Jako poslední pátý slad byl stanovován slad, při jehož výrobě bylo do máčecí vody přidáno 0,9 % soli. Koncentrace soli byla odvozena do fyziologického roztoku, vycházeli jsme

z pozorování pokusu při laboratorním cvičení z biochemie, v němž nám přítomnost chloridu sodného urychlila enzymatickou činnost α -amylosy při štěpení škrobu. Tento trend byl pozorován i u ječmene, charakteristické jevy klíčení se projevovaly již při druhém máčení a v průběhu klíčení byl průběh velmi rychlý. Vzniklé klíčky již druhý den dosahovaly velikosti šestého dne při standardním máčení. Pro integritu pokusu byla zachována doba šesti dnů klíčení což nám s největší pravděpodobností snížilo výsledný obsah maltosy až na 59,992 g maltosy/1 litr sladiny. To bylo způsobeno příliš velkou spotřebou zásobních látek endospermu na živění mohutně vzrůstajícího klíčku. Předpokládáme, že pokud bychom dobu klíčení úměrně zkrátali dosáhli bychom mnohem většího výtěžku s nižšími náklady. Sensorika sladu ovšem byla mírně poznamenána přítomností soli. Po skousnutí při odplývání prvotní chuti byla na jazyku znát mírně slaná chuť. Pokud bychom, ale snížili koncentraci soli dejme tomu na 0,5 %. Pravděpodobně by došlo ke zlepšení sensoriky vyrobeného sladu s přetrvávající nižší dobou potřebnou pro klíčení. Takto vyrobený slad by se v kombinaci s aromatickými speciálními slady dal pravděpodobně také využít za účelem snížení výrobních nákladů. Pivo vyrobené ze sladu při 0,9 % soli v máčecí vodě, by mělo pravděpodobně velmi specifickou chuť, což ovšem nebylo vyzkoušeno. Nedá se tedy říct jak moc špatný či dobrý by takový výsledek byl, vezmeme-li v úvahu procesy jako zcukření, chmelovar a kvašení, které mají na výsledné sensorice lví podíl.

ZÁVĚR

Úspěšně jsme vytvořili několik sladů, s uspokojivým obsahem maltosy. Mohli jsme pozorovat závislost kvality použitého ječmene v porovnání výroby sladu z ječmene sladovnického. Prakticky jsme si ověřili, že příliš dlouhé klíčení vede ke spotřebě zásobních látek, a tedy i k výraznému snížení maltosy ve sladu. Hypoteticky se nám podařilo aplikovat rychlejší postup výroby přidáním soli do máčecí vody, sensorika sice byla ovlivněna, ale ne tak výrazně jak jsme očekávali naproti tomu rychlost byla zvýšena nad očekávání. Skvělou zkušeností nám bylo i pozorování sensorických vlastností při dotahování sladu, překvapil nás markantní rozdíl intenzity sensorických vlastností před a po dotažení. Do budoucna bychom se tomuto tématu rádi věnovali a závěry, o kterých polemizujeme při zhodnocování sladů bychom rádi ověřili.

Při praktické části práce, ale i při formulování teorie jsme narazili na několik problémů a překážek, které bylo nutno vyřešit. Musíme tedy konstatovat, že vypracování bakalářské práce a splnění cílů bakalářské práce sice zhodnocujeme jako úspěšné, nic méně bychom řekli, že v tomto případě je cesta minimálně stejně důležitá jako cíl. V laboratoři jsme řešili citlivost Schoorlovy metody i praktické vyrobení sladu. Materiály, které jsme prostudovali mi byly inspirací ovšem konečné sestavení postupu bylo nedocenitelnou zkušeností, která ucelila náš dosavadní proces vzdělávání.

V budoucnosti bychom také rádi implementovali výrobu sladu v laboratoři či jiné technologické procesy do edukačního systému. Výroba sladu je dokonalou ukázkou biochemických procesů a v dnešní době, je třeba klást důraz na zvýšení zájmu o vědu a technologii u budoucích generací. Tento zájem klesá, při učení si žáci nedokážou mnoho věcí spojit a praktická ukáзка technologického postupu by mohla být užitečnou praktickou pomůckou při výuce.

Tato práce nás ovšem zaskočila svou časovou náročností, při provádění titrací jsme byli nuceni si uvědomit, jak velkou roli zastávají stroje v laboratorní praxi. I když apelujeme na znalost instrumentálních metod, která je podle nás zcela nezbytná k pochopení teorie v praxi. V dnešní době si již nedokážeme představit jejich praktickou využitelnost. Tato doba klade čím dál větší důraz na rychlost a přesnost analýz. Jejich automatizace je tedy v praxi zcela nezbytná ovšem je nutné apelovat na jejich znalost abychom zachovali integritu znalostí a komplexnost vzdělání. I při automatizaci metod je nutné znát princip a postup stanovení pro správné zhodnocení výsledků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

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

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

3.LEHR, R. *Děláme si sami pivo: Příručka pro domácí výrobu piva*. 1. Český Těšín: VÍKEND.s.r.o, 2014. ISBN 978-80-7433-079-7.

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

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

6.*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/>

7. ČERVINKA, M. *Stanovení poměru redukující oligosacharidy/monosacharidy ve sladidě. Kvasný průmysl* [online]. 1. Brno, 1971, s. 192-196 [cit. 2018-03-11]. ISBN 663-443-547-455/458. Dostupné z: <https://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/1971/08/04.pdf>

8. KOL. *Studium chemie: Důkaz redukujících sacharidů (Fehlingův test)* [online]. Praha: Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, 2018 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <http://studiumchemie.cz/experiment/dukaz-redukujicich-sacharidu-fehlinguv-test/>

9. KÁŠ, J., KODLÍČEK M. a VALENTOVÁ O. *Laboratorní techniky biochemie: Stanovení redukujících sacharidů podle Schoorla*[online]. Praha: vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006 [cit. 2018-03-11]. ISBN 80-7080-586-2. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-586-2/pdf/137.pdf

10.JANČÁŘOVÁ, I., JANČÁŘ, L. a ČERNOCKÁ, H. *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.

11. *Bioprocesy 2-2: Technologie výroby piva* [online]. In.: [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: http://sci.muny.cz/data/C6210/C6210_Bioprocesy_2-2.pdf

12. KRESTÝN, M. *Optimalizace procesů vaření sladiny v laboratorní mikrovlně* [online]. Brno, 2010 [cit. 2018-03-11]. 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.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Podélný řez obilkou.....	1
Obrázek 2 Máčení ječmene.....	28
Obrázek 3 Ječmen vymočený na průduších jalového dna	29
Obrázek 4: klíčící box se zavedenou teplotní sondou	30
Obrázek 5 Převídrovaná hromada	30
Obrázek 6 Rmutovací lázeň použitá při laboratorním rmutování.....	32

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Závislost doby máčení na teplotě vody.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabulka 2 Závislost rychlosti máčení na velikosti zrna.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabulka 3 Výsledky titrací – slad průmyslově vyrobený</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 4 Výsledky titrací – slad vyrobený z krmného ječmene před dotažením</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 5 Výsledky titrací- slad vyřibený z krmného ječmene po dotažení</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 6 Výsledky titrací-slاد vyrobený ze sladovnického ječmene před dotažením</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 7 Výsledky titrací-slاد vyrobený ze sladovnického ječmene po dotažení.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 8 Výsledky titrací- slad vyrobený ze sladovnického ječmene máčený ve fyz. roz. 37</i>	

CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ

The Bachelor work is focused to practice manufacture of the malt in laboratory. Describing theory used in technological practice. On this basis is created the process in laboratory. Manufactured malts are compared with the malt which is commercially available. Comparative method is based on differences in sugar content of the malts, which is established by Schöorl method of determination of reducing sugars. This work also maps theory and practice in process of fission starch to simple sugars.

